



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

지리학석사 학위논문

Geodiversity 측정법의 비교평가 및 현장 적용가능성

2018 년 2 월

서울대학교 대학원

지리학과

최 정 선

국문초록

Geodiversity(지다양성)는 지형, 지질, 토양 등 비생물적 요소들(abiotic elements)의 다양성을 의미하는 개념이다. 지다양성에 해당하는 요소들을 활용하여 지다양성 측정지표를 구성하고, 이러한 지다양성 측정지표를 통해 자연환경 구성요소의 분포와 패턴을 파악할 수 있다.

본 연구의 목적은 지다양성의 국내 적용을 위해 측정지표를 비교·평가하고, 실제 경관인식 관점을 반영할 수 있는 측정지표를 선정하는 것이다. 본 논문에서는 지형, 지질, 토양, 수문 요소를 지다양성 구성요소로 선정하였으며, 지다양성 측정 방식과 측정 자료에 따라 총 8개의 측정지표를 구성하였다. 이를 국내 사례지역에 적용하여 각 지표별 지다양성 측정 결과를 도출하였다. 사례지역은 보호지역으로 선정된 국립공원 중에서 3개 지역을 선택하였는데, 변산반도 국립공원, 북한산 국립공원, 치악산 국립공원이 해당된다.

각 지표에 따른 지다양성 측정 결과를 기반으로 경관인식 관점을 반영할 수 있는 측정지표를 선정하기 위해 현장조사와 경관인식 설문조사를 수행하였다. 각각의 사례지역에서 지다양성이 높게 측정된 지점과 낮게 측정된 지점을 구분하여 현장조사 지점을 지정하였다. 각 지점의 경관을 관찰하고 사진을 촬영하였으며, 현장조사 자료를 기반으로 경관인식 설문조사를 진행하였다. 조사 지점에 대한 8개의 지다양성 측정지표에 따른 각각의 점수와 경관평가 점수를 비교함으로써 높은 상관성을 지닌 측정지표를 탐색하였다. 이러한 과정을 통해 지다양성 측정지표를 비교·평가하고 측정지표를 선정하는 연구 결과를 도출하였으며, 이는 다음과 같다.

첫째, 각 지표에 따른 지다양성 측정 결과, 지표별로 측정에 사용한 방식과 자료에 따라 측정 결과의 패턴이 상이하다. 본 논문에서 사용한 측정 방식 두 가지로 구분되며, 이는 Richness Index와 Roughness Index이다. Richness Index는 분석 격자 내에 분포하는 구성요소들의 개수를

통합하여 지다양성을 도출한다. Roughness Index는 Richness Index를 통해 도출한 값을 기반으로 하며, roughness value를 추가적으로 구축하여 각 격자의 총합에 곱해줌으로써 최종 결과 값을 도출하는 방식이다. roughness value란 지형의 요철정도를 의미한다. 두 가지 측정방식의 가장 큰 차이점은 roughness value 적용의 유무에서 발생한다. 또한 측정 과정에서 사용하는 자료의 특성에 따라 각 측정지표의 결과 값과 지다양성의 분포가 크게 달라진다.

둘째, 경관평가 점수와 각 측정지표 간 상관관계를 분석한 결과, 높은 상관성을 지닌 측정지표를 구분하였다. 지다양성 측정 과정에서 Richness Index 방식을 적용하고, 지형 자료로 지형자원 현황도를 사용한 지표가 상관성이 높게 나타났다. 따라서 경관인식 관점을 반영할 수 있는 지표를 선정하였다.

이 연구는 논의의 중점에서 배제되었던 지다양성 측정법의 적정지표 선정과 관련하여 관점과 기준을 제시했다는 점에서 의의를 지닌다. 최근 국토개발, 토지이용, 도시계획 등의 측면에서 과거의 무분별한 개발이 아닌 생태계와 환경 보호를 고려해야 한다는 패러다임의 변화가 발생하였다. 지다양성은 생물다양성과 균형을 이루면서 본질적인 의미의 생태계 및 자연환경 보호에 기여할 수 있다. 지속적인 연구를 통해 국내의 지다양성 구성요소를 더욱 다양하게 파악한다면, 자연환경의 가치를 정량적으로 평가할 수 있는 개념으로서 지다양성이 적극적으로 활용될 것으로 기대한다.

주요어 : 지다양성(Geodiversity), 지다양성 측정지표, 경관인식, 상관관계 분석, 환경가치평가, 보호지역

학 번 : 2015-22549

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구 배경	1
제 2 절 연구 목적	5
제 3 절 논문의 구성	7
 제 2 장 선행연구 검토	9
제 1 절 Geodiversity 개념 연구	9
제 2 절 Geodiversity 관련 연구의 흐름	13
1. 생물다양성(biodiversity) 관련 연구	13
2. Geodiversity의 구성요소 연구	14
3. 생태계서비스(ecosystem services) 관련 연구	16
4. 지보전(geoconservation) 관점의 연구	18
5. 지리유산, 지질명소 관련 연구	18
제 3 절 Geodiversity 측정법 연구	20
 제 3 장 연구지역 및 연구방법	26
제 1 절 연구지역	26
1. 연구지역 선정배경	26
2. 분석스케일 설정	30
제 2 절 Geodiversity 측정	32
1. Geodiversity 측정 자료	32
2. Geodiversity 측정 방법	36
제 3 절 현장조사 및 설문조사	38

제 4 장 연구 결과	41
제 1 절 Geodiversity 측정 결과	41
1. 연구지역별 결과	41
2. 측정지표 비교평가	63
3. 소결	68
제 2 절 현장 및 설문조사 결과와 상관분석	70
1. 현장조사 및 설문조사 결과	70
2. Geodiversity 측정지표별 결과와 설문조사 결과 비교	75
3. 소결	80
제 5 장 요약 및 결론	82
참고문헌	84
부록	92

표 목 차

[표 2-1] Geodiversity의 주요 정의	12
[표 2-2] 지다양성 구성요소 중 인문환경적 유형과 요소 ·	17
[표 2-3] 선행 연구에서 사용된 지다양성 측정법	21
[표 3-1] 우리나라의 자연공원 지정 기준	27
[표 3-2] 우리나라의 국립공원 지정 현황	29
[표 3-3] 지다양성 측정에 활용한 연구자료	36
[표 3-4] 현장조사 일자, 지역, 대기 상태에 대한 정보	38
[표 3-5] 경관평가항목별 평가 기준	40
[표 4-1] 변산반도국립공원 지다양성 측정지표별 통계 결과	50
[표 4-2] 북한산국립공원 지다양성 측정지표별 통계 결과	56
[표 4-3] 치악산 국립공원의 측정지표별 통계 결과	62
[표 4-4] 변산반도 국립공원 경관인식설문조사 결과 통계	71
[표 4-5] 북한산 국립공원 경관인식설문조사 결과 통계 ...	73
[표 4-6] 치악산 국립공원 경관인식설문조사 결과 통계 ...	74

그 립 목 차

[그림 1-1] 연구의 흐름도	8
[그림 4-1] 변산반도 국립공원 T1 측정 결과	43
[그림 4-2] 변산반도 국립공원 T2 측정 결과	44
[그림 4-3] 변산반도 국립공원 T3 측정 결과	45

[그림 4-4] 변산반도 국립공원 T4 측정 결과	46
[그림 4-5] 변산반도 국립공원 R1 측정 결과	47
[그림 4-6] 변산반도 국립공원 R2 측정 결과	48
[그림 4-7] 변산반도 국립공원 R3 측정 결과	49
[그림 4-8] 변산반도 국립공원 R4 측정 결과	50
[그림 4-9] 북한산 국립공원 T1(좌) T2(우) 측정 결과	52
[그림 4-10] 북한산 국립공원 T3(좌) T4(우) 측정 결과 ...	54
[그림 4-11] 북한산 국립공원 R1(좌) R2(우) 측정 결과 ...	55
[그림 4-12] 북한산 국립공원 R3(좌) R4(우) 측정 결과 ...	56
[그림 4-13] 치악산 국립공원 T1(좌) T2(우) 측정 결과 ...	58
[그림 4-14] 치악산 국립공원 T3(좌) T4(우) 측정 결과 ...	59
[그림 4-15] 치악산 국립공원 R1(좌) R2(우) 측정 결과 ...	61
[그림 4-16] 치악산 국립공원 R3(좌) R4(우) 측정 결과 ...	62
[그림 4-17] 지표별 Geodiversity 측정 결과의 평균 비교	65
[그림 4-18] 지형현황도 활용결과와 카테나 활용결과	67
[그림 4-19] 토양목 적용결과와 토양통 적용결과	68
[그림 4-20] 변산반도 국립공원 현장조사 지점	71
[그림 4-21] 북한산 국립공원 현장조사 지점	72
[그림 4-22] 치악산 국립공원 현장조사 지점	74
[그림 4-23] 경관평가항목별 선형관계 상관분석 결과	77
[그림 4-24] 선형관계 해당 지점 경관사진 예시	78
[그림 4-25] 선형관계를 보이지 않는 상관분석 결과	79
[그림 4-26] 이상점 해당 지점 경관사진 예시	80

제 1 장 서론

제 1 절 연구 배경

과거 국내에서는 급속한 산업화와 공업화에 따른 경제 발전을 경험하면서 무질서한 국토 개발이 이루어졌다. 도시계획과 관련하여 대규모 시설의 입지 등에 중점을 두었다. 하지만 무분별한 개발로 인한 환경오염, 자연환경 파괴, 산림의 파편화 등 자연·환경적 측면에서 문제점이 야기되었다. 이러한 문제를 완화하고자 최근에는 생태적 관점에서 생태계를 보호할 수 있는 지속가능한 국토 이용을 추구하고 있다. 이후 신도시 및 지구단위 계획 등 도시 계획 사업에서 자연적, 생태적 여건을 고려하여 공간계획을 수립하려는 노력이 이루어졌다(김귀곤 등, 2005).

이와 관련하여 최근에는 경관이 지니는 가치를 파악하거나 평가하는 문제에 초점을 맞추고 있다(박천진 등, 2012). 자연환경 및 생태계 가치를 평가하여 보호가 필요한 정도를 정하고, 이를 활용하여 보호지역을 설정하거나 환경영향평가 등을 통해 토지의 개발 및 이용 가능성을 측정하는 방식에 대한 연구들이 해당된다. 환경 가치가 높게 평가된 지역을 보호지역으로 선정하여 관리하기도 한다(이동근 등, 2005a). 보호지역 선정을 위해 토지적성평가, 국토환경성평가 등 국토가 지닌 환경적 가치를 평가하는 방안이 제시되었다(채미옥 등(2001)과 한국환경정책평가연구원(2003)을 이동근 등(2005a)에서 재인용).

이러한 패러다임의 변화에 입각하여 생태계 평가 또는 국토환경평가와 관련된 다양한 연구와 정책이 진행되었다(양해근 등, 2013). 생태계나 국토환경의 현황을 파악함으로써 보전가치를 평가하고 보전 등급을 선정하는 등의 노력이 해당된다. 국립공원, 도립공원, 군립공원 등의 자연공원을 지정할 때에도 각각의 기준을 마련하여 그에 따른 평가가 진행된다. 자연공원뿐만 아니라 현재 우리나라에서 보호지역으로 지정하는 생태경관 보전지역, 습지보호지역, 해양생태계 보호구역, 특정도서, 환경보전해역, 야생동식물(특별)보호구역, 천연기념물, 천연보호구역, 명승, 백두대간

보호지역, 산림유전자원 보호림, 산림보호구역 등도 동일한 과정을 통해 관리된다.

국토환경성평가는 ‘환경자원의 지속가능한 보전을 통해 국토환경을 효율적으로 이용하고 관리하기 위해 토지가 지닌 물리적, 환경적 가치를 과학적으로 평가하여 보전적성의 등급을 구획하는 과정’으로 정의되며, 환경계획과정의 근간을 이루는 중요한 요소로 평가된다(전성우 등, 2008). 2001년에 추진된 기초 연구를 기반으로 하여 2005년에 전국 단위로 1:25,000 규모의 국토환경성평가지도가 구축되었다. 이후 정밀도 개선과 활용도 향상을 위해 1:5,000 수준의 국토환경성평가지도가 일부 구축되었다. 국토환경성평가지도는 자연환경부문, 물환경부문, 기타환경부문에 해당되는 총 57개의 법제적 평가항목과 다양성, 자연성, 풍부도 등의 8개 환경·생태적 평가항목을 기반으로 구축되며, 보전가치에 따라 1~5등급(보전가치가 높은 경우 1등급)으로 분류한다. 이는 토지이용현황을 고려하여 이에 따른 영향 여부를 상대적으로 평가하는 것을 가능하게 하고, 국토의 보전 가치를 평가했다는 데에 의의가 있다. 그러나 주변 녹지와 연결성이나 크기 등 주변 환경과의 관계를 고려하지 못한다는 한계를 지닌다고 평가되었다(이동근 등, 2005b). 이에 따라 국토환경성평가 항목에 대한 적정성 검토, 평가항목 및 평가방법에 대한 개선방안, 활용 방안 등의 연구가 이루어졌다(전성우 등, 2008; 신지훈, 2010; 엄대용, 2010; 전성우 등, 2010; 김은영 등, 2012).

환경부에서는 환경가치를 평가하려는 목적으로 보전가치 및 자연자원 가치에 대한 가치 평가제도, 가치평가 지표 마련, 보전가치 지표 마련, 국립공원 지정, 국립공원 내 생태계 및 보전 요소 관리 등의 다양한 제도를 마련하여 관리하고 있다. 환경가치 평가와 관련하여 가상평가법(Contingent Valuation Method, CVM)이나 지불용의(Willingness To Pay, WTP), 여행자 가격선호 등 경제적 가치를 평가하여 이를 환산하는 방식을 도입하였다. 먼저 가상평가법(CVM)이란 환경이 지니고 있는 가치를 금액으로 환산하여 평가하는 방법이다. 환경 보전대책을 적용함으로써 개선되거나 혹은 개발로 인해 악화되는 등의 시나리오를 응답자에

게 제시한 후, 환경을 개선하기 위해서라면 지불할 의향이 있는 금액을 답변한다. 이 방법은 다수의 의견을 물어 환경비용과 환경이득을 비교할 수 있다는 점에서 의의를 지닌다(권오상, 2005). 지불용의(WTP)는 재화의 구입 희망자가 구입을 위해 지불하고자 하는 최고 금액을 의미한다. 구입 희망자는 지불용의보다 낮은 가격에는 재화를 구매하려고 하지만 지불용의를 초과하는 금액을 지불하려고 하지 않는다는 이론에 따르는 방식이다.

자연자원 및 생태계 가치 평가에 대한 필요성을 인식하고, 이러한 경제적 가치평가 및 경제가치 환산 방식을 자연자원의 가치평가에 적용하려는 의견들이 있었다. 생태계 및 산림, 환경 등의 가치를 계량화하는 방법을 연구하여 자연환경가치를 평가하고 이에 대한 이해와 중요성을 강조하고자 한 연구들이 다수 존재한다(김종호 등, 2006; 여준호, 2008; 이종열 등, 2010; 조윤숙, 2014; 김예화 등, 2015). 이는 환경평가와 관련하여 생물다양성에만 초점을 맞추던 과거의 추세와는 다르게, 지형적 환경이나 지리적 조건 등의 자연환경도 함께 고려해야 한다는 인식으로 전환되었다는 점에서 의의가 있다.

하지만 기존의 환경가치 평가 방안들에서 자연환경 변수를 반영할 때, 고도, 경사도, 식생 등의 단편적인 기준을 활용하는 경우가 많다. 즉 상세한 지형분석 없이 경사도나 표고 등의 지형 정보를 일괄적인 수치로 구분하여 평가 기준을 마련하고, 그 기준에 맞추어 보전가치 평가에 활용하는 것이다. 이러한 방식은 본질적인 의미의 지형적 환경가치를 반영하기에는 미흡하다. 또한 개발 사업을 시행하기 이전에 환경영향평가, 사전환경성검토 등을 통해 개발이 경관에 미치는 영향을 예측하고 영향저감 대책을 강구하도록 규정하고 있지만, 경관가치에 대한 인식 부족과 평가항목에 부적절함으로 인해 제대로 수행되지 않는다는 점이 지적된 바 있다(이상문 등, 2007).

이러한 상황에서 Geodiversity의 개념과 측정법은 자연자원의 가치측정과 가치평가를 위한 도구로써 활용될 수 있다(Gray, 2004, 2007, 2008; Serrano *et al.*, 2007, 2009; Barthlott *et al.*, 1999; Nieto, 2001; Sharples, 1995; Pereira *et al.*, 2013).

본 논문에서 Geodiversity란 비생물적 요소들의 다양성을 나타내는 개념으로 정의된다. 구성요소는 지형, 지질, 토양, 수문 요소들을 포함하였다. 단순히 지형의 다양성만이 아닌 포괄적인 지리적 환경의 다양성을 의미한다. 따라서 본 논문에서는 ‘지다양성’이라 명명하였다. 이 개념은 실제 시각적으로 확인할 수 있는 개념은 아니지만 경관을 보고 장소를 경험함으로써 현상학적인(phenomenological) 관점에서 자연환경의 객관적 실재성(being-in-itself)과 의식적 존재(being-for-itself)를 확인할 수 있다(Karjalainen, 1983). 생태계를 비롯하여 훼손에 취약한 자연환경을 이해하고 관리, 보호하기 위해 생물다양성, 지다양성과 같은 자연적 다양성 개념에 대한 인식의 필요성이 제기된 바 있다(Pemberton, 2005).

지다양성은 지질다양성보다 광범위한 개념이며, 자연생태계, 인간활동과 관련되는 모든 비생물적 구성요소들과 형성과정을 고려할 수 있다고 평가된다(Serrano *et al.*, 2007). 즉 암석, 지형, 토양, 하천과 같은 비생물적 요소들을 포함하여 물리적 경관(physical landscape)을 표현하는 개념으로서 적절하다(Manosso *et al.*, 2012). 따라서 지다양성에 대한 이해는 생태계 관리에 있어서 보다 효과적인 보존전략을 마련하는 데에 기여할 수 있다(Brazier *et al.*, 2012). 또한 환경보호를 목적으로 개최되었던 The Convention on Biological Diversity(CBD)(1992), The European Landscape Convention(2000) 과 같은 협의회를 통해 공통적으로 보호지역, 생물 종, 서식처, 경관 등의 보호를 위한 총체적인 접근이 요구되었으며 이를 포괄할 수 있는 개념으로 지다양성의 역할이 강조되었다(Gordon *et al.*, 2013).

따라서 지다양성의 개념이나 측정법에 대한 기준을 제시하는 연구를 통해 자연자원의 가치평가와 이러한 가치를 정량적으로 측정하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 지다양성의 개념을 정리하고 이 개념을 활용한 측정법을 비교·평가하고자 한다.

제 2 절 연구 목적

지다양성에 대한 개념과 측정법은 현재 국내외로 명확하게 정립된 바가 없다. 보호지역 선정, 보호 대상 자연자원 탐색, 비생물 환경가치 평가 등 전체적인 틀에서 지다양성을 다루는 기본 관점은 유사하지만, 이에 해당하는 구성요소를 파악하거나 다양성의 정도를 측정하는 방식에 대해서는 연구마다 다양한 의견들을 제시하였다.

본 논문은 지다양성 개념을 국내에 적용하기 위하여 측정법을 비교·평가하고, 실제 경관인식 관점에 따른 적합한 측정지표를 제안하는 것이 목적이다. 앞서 연구 배경에서 국토환경관리, 생태계 보전 측면에서 자연환경의 가치를 평가항목에 포함하여 함께 관리하고자 하지만, 관련된 평가항목을 구성하거나 측정하는 방법이 미흡하다는 한계를 파악하였다. 이를 보완하기 위하여 자연환경 가치를 통합하여 설명할 수 있는 지다양성 개념을 활용하여 국내 자연환경의 다양성 정도를 측정함으로써 자연환경 가치를 표현하는 방안을 제시하고자 한다.

현재 지다양성을 측정하는 방법이 정립되어 있지 않기 때문에 문헌을 통해 현재까지 제시된 측정방법을 정리하였다. 다양한 측정지표들 중에서 객관적이고 활용가능성이 높은 것으로 평가되는 대표적인 지표인 Richness Index와 Roughness Index를 선정하여 사례지역에 적용하였다. 이러한 측정방법에 따른 결과를 비교하여 각 측정지표의 특성을 파악하였다. 이와 같은 지다양성 측정법을 적용할 사례지역으로 국내의 국립공원 중 세 개 지역을 선정하였으며, 변산반도 국립공원, 북한산 국립공원, 치악산 국립공원이 이에 해당한다. 선정한 사례지역에 대하여 각 측정지표와 자료에 따라 도출된 지다양성 측정결과를 비교하였다.

적정지표로 평가할 수 있는 판단 기준에 대한 관점은 연구자마다 상이할 수 있으며, 본 논문에서는 이러한 기준을 마련하기 위해 일반인들을 대상으로 경관인식 설문조사를 수행하였다. 연구 배경에서 언급한 바와 같이 지다양성이란 눈으로 확인할 수 있는 실체를 지닌 대상은 아니지만

경관을 형성하는 기반이 될 수 있다. 본 연구는 이러한 측면에서 경관에 초점을 맞추고자 하였다. 따라서 사례지역에 대한 지다양성 측정 결과를 바탕으로 결과 값이 높은 곳과 낮은 곳에 해당하는 지점들을 선정하여 현장조사를 통해 실제 경관을 사진 촬영하였고, 이를 활용하여 각 지점에 대한 경관평가를 진행하였다. 지다양성 측정 결과가 높게 도출된 지점의 경관이 상대적으로 다양하면서도 수려한 경관이 나타나는지의 여부를 조사하고, 실제 사람들도 그에 해당하는 경관을 긍정적으로 인식하는지를 비교함으로써 이러한 상관관계를 뚜렷하게 보여주는 측정지표가 적정지표인 것으로 판단하고자 하였다.

세부적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, 지다양성 측정법을 국내의 사례지역에 적용하고 각 측정지표에 따른 결과를 비교·분석한다. 이 때 각 지표별로 측정방식과 요소를 다르게 구성함으로써 각 방식과 구성요소의 특징을 파악한다.

둘째, 경관인식 관점에서 지다양성의 적정지표를 판단하기 위한 기준으로써 현장조사 및 경관인식 설문조사를 시행한다. 이를 통해 사람들이 일반적으로 심미성, 조화성, 희소성 등의 경관가치를 평가하는 인식을 파악한다.

셋째, 각 지표별 지다양성 측정결과와 경관인식 설문조사 결과를 비교하여 적정지표를 선정한다. 경관평가에서 높은 점수를 받은 지점에 대한 지다양성 측정결과가 높게 도출된다는 점을 기반으로 하여 상관관계 분석에서 나타나는 선형관계를 기준으로 적정지표를 모색한다.

이를 통하여 본 논문에서는 지다양성 개념과 활용가능성에 대한 인식을 향상시키고, 적정지표를 선정하여 생태계 보전 및 국토관리에 있어서 자연가치의 중요성을 강조하고자 한다.

제 3 절 논문의 구성

논문의 제 1장에서는 본 연구의 배경과 필요성, 목적에 대하여 기술하였으며, 제 2장에서는 지다양성 관련 선행연구를 검토하고, 개념과 관련 연구의 흐름에 따라 구분하여 내용을 정리하였다. 제 3장에서는 본 논문에서 사례지역으로 세 개의 국립공원을 선정한 배경과 함께 연구방법에 대하여 기술하였다. 연구방법에 있어서 먼저 지다양성을 측정하는 분석 스케일을 설정 배경에 대하여 논의하고, 연구방법으로써 지다양성을 측정한 방법과 이에 해당하는 것으로 본 논문에서 선정하여 활용한 각 지다양성 지표를 설명하였다. 또한 적정지표를 판단하기 위한 근거를 마련하기 위해 수행한 현장조사, 경관인식 설문조사와 관련된 연구방법에 대하여 설명하였다. 제 4장에서는 각 연구방법에 따른 연구 결과를 기술한 장으로, 지다양성 측정결과와 현장조사 내용, 경관인식 설문조사 결과를 기술하였다. 이를 바탕으로 한 상관분석 결과를 통해 적정지표를 선정한 연구결과를 논의하였다. 마지막으로 제 5장에서는 기존 연구와 본 논문 연구 내용을 비교함으로써 본 논문이 지니는 의의와 시사점을 도출하였다.

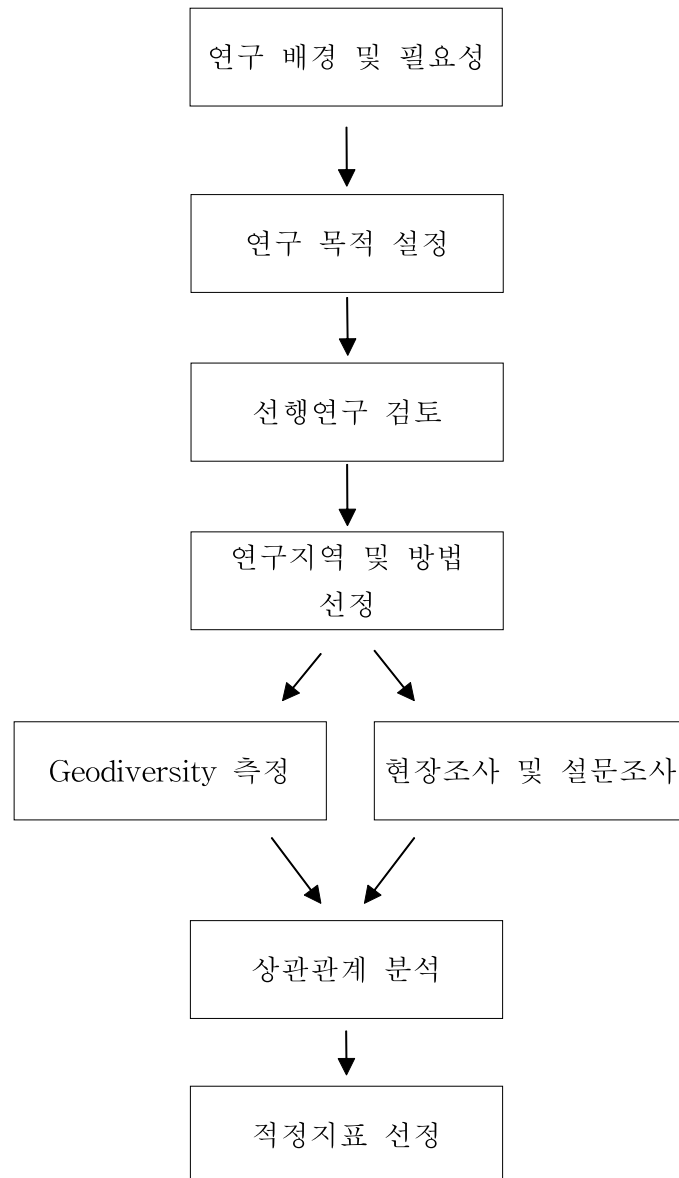


그림 1-1 연구의 흐름도

제 2 장 선행연구 검토

제 1 절 Geodiversity 개념 연구

1980년대에 비생물적 환경의 다양성을 논의하기 위해 ‘지형 다양성(landform diversity)’, ‘지형학적 다양성(geomorphic diversity)’, ‘지질 다양성(geological diversity)’이라는 개념이 사용되었다(Kiernan, 1991; Gray, 2013). 비생물 환경의 다양성을 포용하는 명확한 용어가 정립되지 않았던 것으로 파악된다. 이후 1990년대부터 ‘Geodiversity’라는 용어가 사용되었는데, 1992년에 생물다양성협약(Convention on Biodiversity)에서 생물다양성 개념뿐만 아니라 비생물적 환경도 함께 고려해야 한다는 필요성이 언급되었다. 이에 따라 생물다양성(biodiversity)과 같이 비생물 다양성을 포괄할 수 있는 지다양성의 개념을 도입하여 이에 대한 연구가 진행되어야 한다는 사항에 동의했다는 내용이 발표되었다(Gray, 2013). 또한 1993년에 개최된 회담(‘Malvern Conference on Geological and Landscape Conservation’)에서도 비생물다양성에 대한 연구의 필요성이 강조되면서 ‘Geodiversity’ 용어가 사용되었다(Barthlott *et al.*, 1999). 또한 1996년 호주의 헌장(‘Australian Natural Heritage Charter’)에서 이 용어가 공식적으로 인정됨에 따라, 호주에서는 자연보전의 관점에서 이 개념이 널리 알려지게 되었다(Gray, 2013). 지다양성 개념에 대한 연구가 본격적으로 진행되기 이전에는 지형다양성, 지질다양성, 경관다양성 등 비생물적 환경의 다양성을 파악하고 강조하기 위한 용어들이 다소 통일성 없이 사용되었으며, 1990년대에 몇 번의 협약을 통해 비생물 환경을 대표하는 개념 및 연구의 필요성이 강조되면서 지다양성의 개념이 자리매김하기 시작했다.

전체적인 맥락에서 지다양성의 의미를 살펴보고자 한다. 먼저 개념 자체에 집중된 연구가 본격화되기 전까지는 자연자원 또는 자연환경에 대한 보호의 관점에서 지다양성을 언급한 연구들이 있었다. 이 연구들은 지표의 물리적 특성과 프로세스의 다양성이라고 정의하면서, 이를 유지

하고 보호하는 것을 지보전(geoconservation)의 목표로 삼아야한다는 점을 강조하였고, 보호지역을 관리할 수 있는 개념으로 인식했다. 지보전이란 지질·지형학적 보존을 의미하는 개념으로, 이와 관련된 환경과 경관 요소들을 보호하려는 노력의 일환이다. 지리명소(geosite), 국립공원 등을 대상으로 보호 대상에 대한 연구를 진행해왔으며, 이 때 지다양성 개념이 보호대상을 인식하거나 구역을 지정할 때 활용될 수 있다는 가능성이 언급되었다(Sharples, 1995; Nieto, 2001; Jureczka, 2001; Grenier, 2002).

또한 생물다양성 연구에서 지다양성 개념을 언급한 경우들도 있다. 다양한 지형경관이 있을수록 다양하고 많은 수의 생물종들이 서식할 수 있기 때문에 지다양성을 보호하면 생물다양성을 향상시킬 수 있다고 주장하였다(Barthlott *et al.*, 1999; Johansson, 2000). 이처럼 지다양성은 주로 자연환경보호의 관점에서 의미를 가지는데, 이에 대하여 Sharples(2002)에서는 유사한 관련 개념들을 보다 정확하게 인식하고 활용하기 위해 명확한 개념 정립의 필요성을 논의하면서 ‘지다양성(geodiversity)’, ‘지보전(geoconservation)’, ‘지리유산(geoheritage)’의 개념을 구별해 사용해야 한다고 주장했고, 이에 따라 각각의 정의를 아래와 같이 정리하였다(Gray, 2013에서 재인용).

- 지다양성: 보존대상의 질(quality)
- 지보전: 지다양성을 보존하려는 노력
- 지리유산: 구체적인 보존의 대상

따라서 지다양성은 보존대상의 질을 평가할 수 있는 수단이며, 특히 비생물적 자연자원의 요소와 그 가치를 파악함으로써 환경보호전략에서 활용될 수 있는 개념으로 인식되어 왔다.

지다양성은 여러 연구를 통해 큰 틀에서는 전체적인 맥락이 동일하면서도 매우 다양하게 정의되었으며, 현재까지도 명확하게 정립된 사전적 정의는 존재하지 않는다. Gray(2004)의 연구에서 이에 대한 다양한 정의를 파악하고 정리함으로써 개념을 재정의하려는 노력이 있었다. 그 전후

로도 국가 또는 학자마다 여러 가지 방향으로 해당 용어를 정의하고 있으며 이와 관련된 주요한 정의의 내용은 <표 2-1>과 같다. Zwolinski(2004)에 따르면 지다양성의 광의는 지질, 지형, 토양 경관의 전체적인 범위와 다양성을 의미하고, 협의는 특정한 지오시스템의 복잡성에 대해 구체적으로 논하는 것이라 하였다(Panizza, 2009에서 재인용).

표 2-1 Geodiversity의 주요 정의

저자	정의	특징
Dixon(1996) Eberhard(1997) Sharples(2002) Australian Heritage Commission(2002)	지질적(기반암), 지형적(지형), 토양적 요소들의 특성과 구조, 형성작용에 대한 범위와 다양성	주제별 정의
Johannson <i>et al.</i> (2000)	경관을 형성하는 기반암, 퇴적물질, 지형과 프로세스의 다양성	경관을 강조
Nieto(2001)	유기적 활동이 일어나는 지역의 지형을 구성하는 구조, 지질적 물질의 개수와 다양성	지역기반(area-base d) 정의, 생물다양성과 연관
Stanley(2001)	사람, 경관, 문화 간의 연결성. 삶의 토대를 제공하는 지질적 환경과 경관을 형성하는 현상·과정의 다양성	인간 활동, 생물다양성과 깊은 연관
Kozlowski(2004)	지질, 지형, 토양, 지표수 등 지표환경의 내생적·외생적 프로세스와 인간활동에 의해 형성되는 자연적 다양성	수문요소와 인간 활동을 강조
Gray(2004)	지질, 지형, 토양 요소의 범위와 다양성. 요소들 간의 관계, 특징, 시스템을 포함	주제별 정의
Serrano and Ruiz-Flano(2007)	암질적, 지형구조, 토양, 수문 등 비생물적 자연과 물리적 프로세스, 시스템, 인간활동의 다양성	주제별 정의

(출처 : Gray(2013)을 재구성)

제 2 절 Geodiversity 관련 연구의 흐름

지다양성의 개념이 알려지고 중요성을 인식하기 시작하면서, 2000년대에 들어서 다른 개념과 대비되거나 이를 보완하는 개념으로써 언급되는 정도를 넘어 지다양성 자체에 초점을 맞춘 연구들이 진행되었다. 이를 통해 지다양성의 의미와 역할, 중요성을 설명하고 위험요인을 파악하여 자연자원 보호에 대한 해결책을 마련하는 등의 연구로 이어졌다. 특히 2000년대 초반에는 식생의 분포, 생물종이나 서식처의 분포 등과 함께 분석함으로써 생물다양성과의 상관관계를 다루는 연구가 많이 진행되었고, 지보전 관점에서 지질명소, 지질공원 등 보전의 대상지를 선정하는 기준을 마련하거나 경관요소를 파악하는 연구도 상당수 이루어졌다. 또한 생태계서비스와 관련된 연구가 진행되어 왔는데, 지다양성을 구성하는 요소들을 생태계서비스 관점에서 파악하여 설명하고, 각 요소들이 제공하는 서비스의 종류와 양상 등을 분류하였다. 이를 통해 지다양성이라는 개념이 자연환경의 구조적, 물리적 요소들의 다양성을 의미할 뿐만 아니라 생태계 내에서 서비스를 제공함으로써 인간 생활환경이나 활동과도 깊은 연관성을 지닌다는 점을 인식하게 되었다.

다음은 지다양성을 연구한 문헌들을 통해 관련 연구의 패러다임 변화를 파악하여 정리한 내용이다. 생물다양성과 대비되는 개념으로 소개되었던 흐름을 시작으로, 개념 자체에 대한 독립적인 연구가 진행되면서 구성요소를 분석하였다. 이후 생태계서비스, 지질명소 등을 다룬 연구에서 지다양성 개념이 기반을 형성하였다.

1. 생물다양성(biodiversity) 관련 연구

먼저 생물다양성과의 연관성을 바탕으로 한 연구를 살펴보면, Kozlowski(2004)는 생물다양성 개념의 연장선에서 생태계 다양성에 초점을 맞추면서 지다양성도 함께 고려해야 하며 이를 보호하는 것이 생물다양성 향상의 토대가 된다고 하였다. 특히 자연환경은 생물(living)과 비생물(non-living)을 모두 포함하는 것이며, 이들은 밀접하게 연관된다는

점에서 지다양성 연구의 중요성을 강조하였다. 이에 따라 저자는 지다양성을 정의하고 기존에 폴란드에서 이루어진 개념에 대한 연구와 측정방법을 정리하였다. 지질, 지형, 토양, 지표수 등 지표환경의 자연적 다양성을 의미하는 것으로 지다양성을 정의하며, 특히 폴란드에서는 Polish Geological Institute와 Institute of Nature Conservation of the Polish Academy of Sciences 등의 기관을 통해 연구가 진행되고 있다. 이처럼 지질유산의 보호에 대한 중요성과 대책에 대한 논의가 유럽에서 이슈화되면서 지다양성 보호가 지질유산을 보호할 수 있는 해답이 될 수 있다는 측면에 주목하고 있다.

Pemberton(2005)에서는 호주에서 볼 수 있는 이탄습지(peatland)가 지니는 자연환경적 가치를 중요시하면서 자연적 다양성(natural diversity)을 보호해야 함을 주장하며 생물다양성과 지다양성의 보호를 강조한다. 이 논문에서는 이 개념을 정의할 때 Eberhard(1997)에 따라 경관을 형성하는 지질, 지형, 토양 등의 자연적 범위를 고려한다.

Barthlott *et al.* (2007)은 종 풍부도(species richness)의 지리적 패턴과 관련한 연구를 진행하면서 식물다양성(plant diversity), 생물다양성, 지다양성 등의 개념을 활용하였다. 식물 종 다양성의 분포에 있어서 이 개념을 영향요인(driving factor)으로 간주하였다(Barthlott *et al.*, 1996, 1999를 재인용). 특히 이는 지형, 지질, 토양, 기후의 이질성을 의미하는 개념으로서 다양한 서식지가 조성되는 요인으로 작용하며, 따라서 생물다양성의 향상을 설명할 수 있다고 주장하였다.

2. Geodiversity 구성요소 연구

이후 개념 자체에 초점을 두는 연구들이 이루어졌으며 구성요소와 측정방법에 대해 논의하기 시작하면서 대표적으로 Serrano *et al.* (2007)에서 이를 측정할 수 있는 방안의 필요성을 제기하였다. 이 연구에서는 지다양성 개념에 대한 이론적 정립이 약하다는 점을 지적하면서 이론적으로 이 개념이 사용된 기원을 짚어보았다. 먼저 1940년대에 아르헨티나

지리학자인 ‘Federico’가 서로 다른 특성을 지닌 지역들과 관련하여 문화적 지리의 문맥에서 사용하였는데, 이 때 지다양성은 지리적 공간의 경관모자이크와 문화적 다양성을 의미하였다. 이후 1990년대에는 생물다양성과 동등하게 다루어져야 할 개념이라는 인식이 생겼지만 명확하게 정의되기에는 부족한 실정에서 지리유산, 지보전 등의 개념과 혼용되는 경향이 있었다. 이론적 개념으로서 지다양성은 토양다양성(pedodiversity), 지질다양성이란 문맥에서 활용되기 시작했다(Duran *et al.*, 1998; Ibanez *et al.*, 1997; Sharples, 2001을 재인용).

Gray(2004)는 지다양성의 구성요소를 지질, 구조, 광물, 암석, 퇴적물, 화석, 지형과 지형형성과정, 토양으로 봤으며, Kozlowski(2004)는 여기에 수문요소를 추가했다. 또한 Gonzalez-Trueba(2007)는 바다와 해양의 물리적 요소와 과정을 포함시켰다. 생물다양성과 지다양성은 자연적다양성을 반영한다. 또한 Gray(2004)에서 지다양성을 측정하는 데에 있어서 측정 스케일이 논점이 될 수 있음을 이야기하였다. 즉 지리적 스케일이 달라짐에 따라 이를 기반으로 측정의 대상이 되는 구성요소가 다르게 표현될 수 있음을 지적한 것이다. 저자는 자연환경을 구성하는 작은 요소부터 경관 규모까지의 다양성을 반영할 수 있도록 스케일을 지정해야 한다고 주장하였다. 대표적으로 입자(particles), 요소(elements), 장소(places), 경관(landscape) 등 네 가지로 자연환경의 스케일을 구분하였다. 입자란 지다양성 요소를 구성하는 입자와 과정을 의미하는 것으로, 분포를 확인하기는 어렵지만 이를 기반으로 지다양성의 이론적인 근본 계급이 형성된다. 요소는 지형, 지질, 수문, 토양 등 측정의 대상이 되는 요소들을 말한다. 장소는 요소들 간의 분포가 상이하게 나타나는 각 지역들을 의미하며, 마지막으로 경관은 생물, 비생물 요소들을 모두 포함하여 자연적 다양성을 보여주는 경관을 말한다. 이후 이 논문에서 저자는 지다양성 측정법에 대해 보다 상세하게 다루고 있으며 연구지역을 대상으로 이를 적용하여 결과를 제시하였는데, 이에 대한 내용은 측정법 연구를 정리한 다음 절에서 다룰 것이다.

3. 생태계서비스(ecosystem services) 관련 연구

런던의 지리학자 Murray Gray는 지다양성과 지보전에 대한 다수의 연구를 진행해왔으며, 관련 개념과 구성요소 등에 대해 자세하게 다루기 시작하였다. 그의 연구를 통해 지다양성 개념에 대한 인식이 확대되었고, 생태계서비스, 지리유산, 지오파크, 지오투어리즘 등 다양한 분야와 관련하여 연구 범위 및 적용가능성 또한 확장되었다. 그의 연구에서 지다양성이란 지질(암석, 광물, 화석), 지형(지세, 물리적 프로세스), 토양 요소들의 자연적 범위, 그리고 각 요소들 간의 구조, 관계, 특성 등을 포함하는 개념으로 정의된다. 지다양성이란 용어 자체는 1990년대 중반에 호주에서 처음 사용되었으며, 1992년에 브라질 리우데자네이루에서 개최된 생물다양성협약에서 지다양성의 개념이 언급되면서 UN에 속한 국가들 중에서도 특히 유럽 내에서 관련 연구가 이루어지기 시작한 것으로 파악하였다. 그에 따라 해당 개념에 대한 인식이 상대적으로 일찍 확대된 호주, 영국 등의 국가에서는 지다양성 보호와 향상을 목적으로 하는 LGAPs(Local Geodiversity Action Plans)와 같은 행동 강령이 제안되는 등 지역, 국가 단위에서 보호정책을 마련하는 데에 기여하기도 하였다(Gray, 2005).

Gray(2005)에서는 지다양성의 개념, 요소, 가치에 대해 개괄적으로 짚어보았다. 이 논문에서 저자는 두 가지 근거를 토대로 지다양성의 가치에 주목해야 한다고 주장하였는데, 첫째는 여러 가지 방식으로 가치 측정이 가능하다는 점이며, 둘째는 다양한 인간 활동으로 인해 지다양성의 가치와 구성요소가 위협받고 있다는 점이다. 또한 이 개념은 자연 환경적 측면뿐만 아니라 문화적, 미적, 경제적 가치 등 인문 환경적 측면의 기능도 설명한다고 정리하였다(표 2-2). 그는 지다양성 내포하는 가치에 집중하면서 생태계서비스 개념과 관련하여 그 가치가 제공하는 서비스에 대한 측면을 다룸으로써 지다양성의 다양한 가치를 인식할 수 있게 하였다. 또한 구성요소로부터 인간이 제공받는 재화와 서비스 등의 편익에 대해 쉽게 설명함으로써 개념에 대한 이해를 도왔다(Gray, 2012; Gray *et al.*, 2013).

표 2-2 지다양성 구성요소 중 인문환경적 유형과 요소

가치 유형	가치 요소
문화적 가치	민속/전통 문화적 요소
	역사적 요소
	영적 요소
	장소감
심미적 가치	경관 요소
	관광 요소
	레저활동 요소
경제적 가치	예술적 영감
	에너지원
	공업용 광물
과학적 가치	금속 광물
	환경 관리
	지구과학 연구

(출처: Gray(2005)에서 일부 발췌 작성)

자연환경보호의 관점을 넘어 자연이 인간에게 제공하는 이익과 서비스, 즉 생태계서비스(ecosystem service)로 일컬어지는 개념과 관련된 지다양성 연구가 이루어졌다. 구성요소들을 바탕으로 형성되는 자연환경과 이것이 인간에게 제공하는 생태계서비스에 대해 다루고, 따라서 지다양성 가치가 높은 지역을 보호해야 한다는 주장을 펼치는 논의이다. Brazier *et al.* (2012)은 생물다양성과 지다양성을 모두 고려하여 생태계의 회복탄력성(resilience)을 향상시킬 수 있는 보호전략에 대해 논하였고, Gray(2012)에서는 생태계서비스 맥락에서 지다양성의 개념과 가치를 다루었다. 그는 현재 정립된 생태계서비스 요소들은 생물다양성 개념에 집중되어 있기 때문에 비생물적 자연환경 요소의 중요성을 간과하고 있음을 지적했다. 따라서 비생물적 생태계서비스를 다룰 수 있는 지다양성의 개념을 도입하고, 생태계 관점의 조절, 지원, 공급, 문화적 서비스 등 각각에 해당하는 비생물 자연환경의 요소들을 상세하게 분류하고 가치를 설명하였다. 같은 맥락에서 Gray(2013)에서 생태계서비스를 제공하는 지다양성 요소와 그 요소들에 대한 관리 전략을 상세하게 다루었다.

4. 지보전(geoconservation) 관점의 연구

지보전 관점에서 지다양성을 다루는 연구들이 다수 이루어졌다. Gray(2004a)에 따르면, 1992년에 리우데자네이루에서 개최된 지구정상회의(Earth Summit) 이후, 비생물 자연(non-living nature)의 다양성을 설명할 수 있는 개념이 필요하다는 논의가 제기되었고, 1993년에 독일과 호주에서 지다양성이란 개념이 사용되었다(Wiedenbein, 1993; Sharples, 1993을 재인용). 이를 통해 지질학자들에 의해서 지질, 지형 등 자연환경의 분포와 이에 대한 위협요인을 파악함으로써 지다양성을 보호해야 함을 인식하게 되었다. 또한 지다양성의 핫스팟(hotspot), 즉 높은 지다양성 가치가 밀집한 지역에 대해 설명하였다. 지다양성 핫스팟으로는 오래되고 복잡한 지질 역사를 지닌 지역이 해당된다. 이러한 지역은 오랜 풍화과정을 통해 형성된 암석, 모래사막, 화산지형 등이 분포하고 있다. 또한 판의 접경 지점, 복잡한 기복을 지닌 지역과 해안가가 해당된다.

이외에도 지다양성의 개념과 구성요소를 바탕으로 지보전 관점에서 보호가 필요한 지역을 탐색하여 지정하고, 해당 지역을 보호하기 위한 전략을 마련하거나 보호를 위한 행동강령(Local Geodiversity Action Plan) 등을 세우는 것과 관련된 연구들이 진행되었다(Munt, 2008; Houshold *et al.*, 2008; Gray, 2008b; Rhind *et al.*, 2009; Seijmonsbergen *et al.*, 2010; Mochiutti *et al.*, 2011; Prosser *et al.*, 2013). 또한 인간활동의 영향, 기후변화 등의 요인으로 인해 자연환경 요소들이 위협을 받음으로써 지다양성의 감소가 초래될 수 있다는 점에 대해 다룬 연구들도 이루어졌다(Prosser *et al.*, 2010; Kiernan, 2010; Zotano *et al.*, 2010).

5. 지리유산, 지질명소 관련 연구

지보전과 관련하여 보다 구체적인 연구로, 지질학적 가치를 지닌 지역, 즉 지리유산과 지질명소를 지정하고, 이를 설명하거나 보호전략을 수립하기 위해 지다양성 개념을 활용한 연구들이 있다. 특히 이러한 연구들은 범위를 더 확장하여 지오파크 조성과 지오투어리즘에 대한 전략을 마

련하는 데에 기여하기도 한다. Muda *et al.* (2008)은 말레이시아의 Baliajong 강을 따라 형성된 지형과 경관들의 지질학적 가치를 설명하면서 지다양성의 개념을 활용하였으며, Carcavilla *et al.* (2009)은 스페인의 지리유산을 분석하고, 스페인에서 시행한 지보전 노력의 흐름을 설명하였다. 해안의 지리유산(coastal geoheritage)에 대해 다룬 Brocx *et al.* (2009)의 연구에서는 지리유산의 규모에 대해 다양하게 정의하였는데, 1m보다 작은 미세한 스케일부터 100km 이상의 경관을 이루는 지역적 스케일의 지리유산 요소가 존재할 수 있다고 설명하였다. 특히 해안지형은 육지, 해양, 지하수, 대기 간의 상호작용으로 다양하고 복잡한 환경이 조성되기 때문에 자연적 다양성과 복잡성이 나타나는 곳으로서 중요한 지형임을 주장하였고, 이에 영향을 주는 요소 간의 상호작용 과정과 다양한 해안경관에 대해 정리하였다.

Panizza(2009)는 지다양성이라는 용어가 경관을 형성하는 지질학적 요소뿐만 아니라 지형학과 관련하여 지리적 다양성(geomorphodiversity)으로 정의될 수 있다고 주장하면서, 다양한 지형학적 요소를 파악할 수 있는 방법으로 여겼다. 지다양성과 지리적 다양성의 개념을 정의하고, 다양한 지형경관이 형성되어 있는 이탈리아의 한 지역을 대상으로 스케일에 따라 지다양성을 구성하는 외생적, 내생적 요인에 대해 분석하였다.

또한 지다양성 개념에 대한 인식이 확대된 이후로 지역의 자연환경과 지질학적 가치를 보호하기 위해 지오파크 지정을 추진하거나 기존에 지오파크로 선정된 지역을 대상으로 하여 해당하는 구성요소를 분석한 연구들이 있다. 또한 지다양성 개념을 활용하여 지오투어리즘 활성화에 기여할 수 있다고 주장하는 연구들이 다수 존재한다(Gonera, 2010; Bento *et al.*, 2011; Mochiutti *et al.*, 2011; Reynard *et al.*, 2011; Guijon *et al.*, 2011; Knapik *et al.*, 2011; Martinez-frias *et al.*, 2012; Mulec *et al.*, 2012; Tronkov *et al.*, 2012; Solarska *et al.*, 2013; Lokier, 2013; Ghazi *et al.*, 2013; Ozis *et al.*, 2014).

제 3 절 Geodiversity 측정법 연구

지다양성 개념을 환경관리 등의 측면에서 기준으로 받아들이기 위해서는 해당 지역의 지다양성을 측정하는 연구가 선행되어야 한다. 현재 지다양성 측정법과 관련하여 정립된 바는 없지만 여러 국가 또는 학자에 의해 다양한 방식의 측정법이 제시되었다.

Pellitero *et al.* (2015)은 기존에 제시된 다양한 방식의 지다양성 측정법과 고려 대상이 되는 자료, 자료의 스케일과 측정 스케일 등에 대해 전체적으로 정리하였다(표 2-3). 저자는 지다양성 측정법에 대해 크게 직접적 방식과 간접적 측정방식이 있다고 설명하였다. 먼저 직접적 방식은 지형, 토양, 암석의 유형과 같은 지다양성 구성요소들을 구분하고 측정 면적에 대해 구분된 요소들의 개수를 취합하는 방식이다. 반면 간접적 방식은 구체적으로 지다양성 구성요소들을 보여주는 자료 대신 대체지표를 이용하는 것으로, 비생물적 환경으로 간주되는 경사, 향, 고도, 기복량 등을 도출하고 공식을 적용하여 산출해내는 방식이다. 직접적 방식은 측정방식 자체가 간단하고 상대적으로 정확한 결과를 도출한다는 장점이 있지만 각 환경자료에 대해 계급을 나누어주는 사전 작업이 많이 요구된다. 간접적인 방법은 간단한 분석 툴을 이용하여 도출할 수 있기 때문에 국가나 대륙에 이르는 넓은 범위의 대상 지역에 적용하기에 용이할 수 있으나, 계산과정에서 계산소요(counting)가 많이 발생하여 복잡할 수 있으며 수치고도모델(DEM) 등 기초자료의 신뢰도가 중요하게 여겨진다고 설명하였다.

표 2-3 선행 연구에서 사용된 지다양성 측정법

저자	접근법	구성요소	공식
Pereira <i>et al.</i> (2013)	직접	지질, 지형, 토양, 고 고학적 특성	Richness Index
Silva <i>et al.</i> (2013)	직접	지질, 지형, 토양, 고 고학적 특성	Richness Index
Hjort and Luoto (2010, 2012)	직·간접	지형, 수문, 암석, DEM기반 변수	Richness Index
Zwolinski <i>et al.</i> (2012)	간접	암석, 동굴, 형태적 특성, DEM기반 변 수	-
Ruban(2010)	간접	지질명소의 개수	-
Panizza(2009)	직접	지형 요소	-
Benito-Calvo <i>et al.</i> (2009)	간접	DEM기반 변수	Shannon Diversity Index, Evenness Index
Serrano <i>et al.</i> (2007)	직·간접	지형, 암석, 토양, 수 문, 구조지질학	Roughness Index
Silva <i>et al.</i> (2001)	-	지형, 생물, 사회적 특성	Richness Index

Benito-calvo *et al.* (2009)은 이베리아 반도 지역을 대상으로 지다양성을 측정하였다. 이 논문에서 사용된 측정법은 Pellitero *et al.* (2015)에 따르면 간접적 방식의 측정법으로, Shannon diversity and Evenness index 공식을 적용한다. 먼저 수치고도모델을 기반으로 고도, 경사, 기복, 지표면의 거칠기 등의 지형변수를 도출하고, 지질도를 통해 분류한 지질 유형, 기상자료를 바탕으로 구성한 지형기후 요소를 도출한다. 이후 경관 생태학에서 경관다양성 산출을 위해 마련한 공식에 대입하여 최종적으로

지다양성을 측정한다. 해당 논문에 따르면, 이 측정법은 대표적인 간접적 방식으로, 산출 공식이 매우 복잡하게 나타나며 최종 측정결과와 계급을 나누고 각 계급에 대해 설명하는 점 또한 어려운 면이 있다. 하지만 GIS 기술을 활용하여 환경자료 분석, 통계적 분류를 하며, 경관생태학 측면의 공식을 적용하기 때문에 지다양성을 이해하는 데에 있어서 경관의 중요성을 함께 고려할 수 있는 측정법으로 평가될 수 있음을 논의하였다.

Ruban(2010)은 지질명소의 다양성을 지다양성으로 정의하면서 지질명소 유형, 지리유산 요소 등을 기반으로 하는 측정법을 제시하였다. 이 방법에 따르면, 지질학적 가치를 지니는 유산이 많이 존재하는 대상지역일수록 지다양성 값이 높게 도출된다. 저자는 다양한 식을 이용하여 지다양성을 도출하였으며, 지질명소의 감소에 따라 지다양성 손실 값을 계산하는 식을 제시하였다.

Hjort *et al.* (2010)에서는 핀란드의 일부 지역을 대상으로 지다양성을 측정하여 지도로 나타내는 것을 목적으로 연구를 진행하였다. 세부적으로 지다양성 측정결과에 대한 공간적 분포를 분석하고, 네 가지의 측정법을 적용함으로써 지형과 지다양성 간의 관계를 살펴보았다. 이 때 사용된 측정법에는 첫째, 모든 구성요소를 중첩시키는 방법, 둘째, 지형학적 형성과정을 고려한 방법, 셋째, 구성요소의 시간적 변동성을 분석하는 방법, 넷째, Serrano *et al.* (2007)에서 제시한 Roughness Index 방법이 해당된다. 공통적으로 500m×500m의 격자 해상도로 측정하였다. 저자는 지다양성 측정 스케일에 대해 연구지역 범위에 대한 구성요소들을 파악할 수 있도록 중간 규모(mesoscale)를 선택했다고 설명하였다. 이보다 미세한 스케일에서는 미세지형과 광물 등의 요소를 포함하지 못하는 문제점이 있고, 더 넓은 범위에서는 요소의 다양성을 나타내기에 한계가 있다고 설명한다. 연구 결과, 각 격자마다 상이한 지다양성 값이 산출되었으며, 네 가지 방식에 따른 측정결과와 공간적 패턴은 유사하게 나타났다. 그중에서도 특히 첫 번째 측정 방식이 지형적 척도(topographical parameters), 즉 서로 다른 지형이 나타남을 잘 반영하고 있는 것으로 평가하였다. 또한 격자 단위로 분석을 진행하면 연구 대상지역을 일정한

간격으로 나누어 공간변수, 양적분석 등이 가능하지만, 적정 스케일을 지정해야 한다는 점을 지적하였다.

Silva *et al.* (2013)은 각 격자에 해당되는 지다양성 요소의 개수를 모두 합산한 후 계급을 나누어 값을 부여하는 방식의 측정법을 사용하였다. 자연경관요소의 풍부도(richness)를 파악할 수 있는 방법론이라는 점에서 'Richness Index'라고 명명되기도 한다. 이는 Pellitero *et al.* (2015)에 따르면 대표적인 직접적 측정방식에 해당하며, 지다양성 결과 값을 산출해내는 과정은 다음과 같다.

지다양성 지수(Geodiversity Index) = 지질 지수(Geological Index) + 지형 지수(Geomorphological Index) + 고생물 지수(Paleontological Index) + 토양 지수(Pedological Index) + 광물 출현(Mineral occurrences)

지다양성 지수는 다섯 단계로 구분(very low / low / medium / high / very high)하고, 지질 요소는 지질도를 기반으로 각 격자에 나타나는 서로 다른 지질 요소의 개수를 더하여 구한다. 지형요소는 지형도를 통해 기복과 수문지리의 두 가지 하위지수의 합을 도출하는데, 이 때 기복은 각 셀의 형태조각 소단위(morphosculptural subunit) 개수에 형태구조 단위(morphostructural units)와 형태조각 단위(morphosculptural units) 사이 경계의 개수를 더하여 구하고, 수문지리 요소는 각 셀에 나타나는 하천의 최대차수의 1/2값으로 산출할 수 있다. 고생물 지수는 고생물지도를 기반으로 각 셀의 서로 다른 화석함유층의 개수를 산출한다. 토양 지수는 토양도 기반 각 셀의 서로 다른 토양목(soil orders)의 개수를 도출한다. 마지막으로 광물 출현으로는 해당되는 광물 요소들을 나열하여 각 셀에 나타나는 서로 다른 요소의 개수를 구하는 방식으로 도출한다.

이에 따라 총 5개의 자료를 기반으로 각각의 기준으로 지수를 도출하고, 그 값을 모두 합하면 최종적인 지다양성 측정결과를 얻게 된다. 이 논문에서는 브라질의 한 보호지역을 포함하는 유역을 대상으로 하여 위의 방법에 따라 지다양성을 측정하였고, 높은 값이 나타나는 곳은 보호 지역에서 제외되어 있음을 알게 되었다. 따라서 현재 보호지역을 지정하

는 기준으로는 비생물적 자연환경을 반영하기에 한계를 지니고 있음을 지적하였다. Pereira *et al.* (2013)에서도 이와 같은 방법을 적용하여 결과를 도출하였다.

Serrano *et al.* (2007; 2009)에서는 직접적, 간접적 측정방식의 특성이 모두 나타나는 방법론을 적용하여 연구를 진행하였다. 측정에 필요한 자료들은 격자 당 개수, 즉 앞서 살펴본 ‘Richness Index’ 방법에 따라 도출한 다음, 공식을 적용하여 최종 지다양성 결과를 산출한다. 공식은 다음과 같다.

$$Gd = Eg \times R / \ln(S)$$

Gd = Geodiversity Index

Eg = 각 셀의 서로 다른 물리적 요소들(physical elements)의 개수

: 지형도, 지질도, 토양도 기반 지질, 지형, 수문, 토양 등의 요소

R = 각 셀의 거칠기 계수(coefficient of roughness)

: 각 셀의 경사도(dominant slopes)를 구하여 다섯 계급으로 구분하고 각 1~5까지의 계수를 부여함

S = 각 셀의 면적(km²)

Ln = 자연로그(napierian logarithm)

특히 이 측정법이 제시된 이후로 지다양성 측정을 시도한 논문에서 다수 인용되고 적용되었다(Pellitero *et al.*, 2011; Comanescu *et al.*, 2012; Pellitero *et al.*, 2015; Ilic *et al.*, 2016). 측정의 기반이 되는 자료가 있다면 적용하기에 비교적 어렵지 않으면서도 객관적인 알고리즘으로 평가되고 있기 때문이다(Pellitero, 2015).

지다양성 개념을 기반으로 비생물적 환경을 정량적으로 측정하는 방식에 대하여 진행된 연구들을 살펴보았다. 그 결과, 지다양성 측정법은 크게 비생물환경 요소들의 풍부도를 측정하는 방식과 풍부도 뿐만 아니라 지형의 거칠기(roughness)를 함께 고려하여 측정하는 방식으로 구분된

다. 또한 지다양성을 측정할 때 격자크기 설정에 주의해야 한다는 공통된 의견을 파악하였다.

따라서 본 논문에서는 선행연구를 통해 파악한 내용들을 토대로, 격자를 생성하여 측정을 진행하였으며, 측정방식으로는 앞서 살펴본 <표 2-3>을 통해 알 수 있듯이 기존의 지다양성 측정법 연구에서 가장 많이 활용된 Richness Index 방식을 적용하였다. 이 방식은 많이 인용되었을 뿐만 아니라 측정결과에서 구성요소들의 다양성을 직접적으로 파악할 수 있는 적합한 방식으로 평가되고 있다. 또 다른 측정방식으로는 Serrano *et al.* (2007; 2009)에서 제시한 Roughness Index를 선정하였다. 이는 직·간접적 접근법의 특성을 모두 지니며, 객관적인 알고리즘으로 평가되고 있어 비교해 볼 가치가 있다고 판단하였다.

지다양성을 다룬 선행 연구들을 살펴본 결과를 통해 발견한 한계점은 개념, 측정법, 활용방안과 관련된 논의들이 특정한 연관성 없이 진행되고 있다는 점이다. 관련 연구의 패러다임이 변화하면서 지속적으로 연구되고 있다는 점은 긍정적으로 평가할 수 있지만, 개념 및 측정법에 대한 명확한 정의가 부재한 상황이기 때문에 상이한 측정법을 적용하고 특성을 비교·평가함으로써 개념 정의와 측정법의 정립을 위한 노력이 필요하다. 그러한 과정을 통해 지다양성의 의미, 중요성, 활용가능성 등에 대한 확립에 기여할 수 있을 것이다.

제 3 장 연구지역 및 연구방법

제 1 절 연구지역

1. 연구지역 선정배경

1) 보호지역

지다양성은 근본적으로 자연환경에 대한 보호 가치를 평가하여 이를 정량적으로 수치화, 지도화하여 제시함으로써 환경보호의 필요성과 중요성을 강조하기 위한 개념이다. 보호 가치를 지닌 대상이 다수 분포해 있을수록 그 의미가 더욱 발현될 수 있다. 이러한 이유로 기존 연구에서는 주로 보호지역을 대상으로 지다양성을 측정하였다. 지형적, 지질학적 가치가 인정되어 공식적으로 보호가 필요하다고 지정된 보호지역에 대하여 지다양성을 측정함으로써 해당 지역의 자연환경에 대한 보호 가치를 구체적으로 제시할 수 있다. 따라서 본 논문에서도 지다양성 측정법을 적용하기 위한 사례지역으로 국내의 보호지역을 선정하고자 했고, 이에 따라 국내에서 지정된 보호지역 현황을 살펴보았다.

우리나라의 보호구역은 현재 10개의 항목으로 구분된다. 생태경관 보전지역, 습지보호지역, 특정도서, 야생동식물 특별보호구역, 자연공원, 문화재 지정구역 또는 보호구역, 보전임지(산림보전지역), 야생동식물 보호구역, 백두대간 보호지역, 개발제한구역이 해당된다. 이 보호구역들은 보전 가치의 정도 또는 위치에 따라 보호구역으로 지정하는 기관이나 관련 법령, 관리 기관이 상이하다. 환경부 환경통계포털에서 제공하는 2015년 기준의 각 보호구역 면적 통계 자료에 따르면, 보전임지(산림보전지역)로 지정된 보호구역의 면적이 국토면적 대비 가장 높은 비율을 나타내며, 그 다음으로 국립공원, 도립공원, 군립공원을 포함하는 자연공원의 비율이 높게 나타난다. 이와 같은 자연공원을 지정하는 기준에 대하여 <표 3-1>에서 제시하였다.

표 3-1 우리나라의 자연공원 지정 기준

구분	지정 기준
자연생태계	자연생태계의 보전상태가 양호하거나 멸종위기 야생동식물·천연기념물·보호 야생동식물 등이 서식할 것
자연경관	자연경관의 보전상태가 양호하여 훼손 또는 오염이 적고 경관이 수려할 것
문화경관	문화재 또는 역사적 유물이 있으며 자연경관과 조화되어 보전의 가치가 있을 것
지형보존	각종 산업개발로 경관이 파괴될 우려가 없을 것
위치 및 이용편의	국토의 보전·이용·관리 측면에서 균형적인 자연공원의 배치가 될 수 있을 것

(출처: 토지이용 용어사전)

2) 국립공원

지다양성 측정의 연구지역을 선정하기 위해 앞서 우리나라의 보호지역 종류와 지정기준 등에 대하여 간략하게 살펴보았다. 본 논문에서는 그 중에서 국립공원을 대상으로 하여 연구를 진행하였다. 우리나라에서 국립공원은 해당 구역의 환경과 자연자원, 생물자원, 경관 등을 보호하려는 측면에서 보호지역 유형 중 가장 지속적이면서도 적극적으로 관리되고 있다. 따라서 지다양성을 측정 대상으로 적합할 것이라 판단하였다. 특히 국립공원은 생물종뿐만 아니라 지형·지질 경관 등의 자연경관을 포함하며 생태학적, 지형학적, 심미적 가치를 모두 포괄하는 개념이므로 비생물 환경의 다양성을 고려하는 지다양성 연구에서 유의미한 역할을 할 수 있다고 판단하였다.

국립공원이란 우리나라 보호지역 유형 중 자연공원에 속하며, 자연경치와 유서 깊은 사적지 및 희귀한 동식물을 보호하고 국민의 보건·휴양·교화 및 정서생활의 향상에 기여할 목적으로 지정한 한 국가의 풍경을 대표하는 수려한 자연풍경지라고 정의된다(한국민족문화대백과). 우리나라의 국립공원은 지리산을 비롯하여 경주, 계룡산, 한려해상, 속리산, 한라산, 설악산, 내장산, 가야산, 오대산, 덕유산, 주왕산, 태안해안, 다도해

해상, 북한산, 치악산, 월악산, 소백산, 월출산, 변산반도, 무등산, 태백산 국립공원 등 2017년 기준으로 총 22개가 지정되어 있다. 국립공원을 성격별로 보면 자연 경치를 대상으로 한 지역, 해양을 대상으로 한 지역, 역사 유적지를 대상으로 한 지역 등으로 구분할 수 있다.

본 논문의 연구지역으로는 변산반도, 북한산, 치악산 국립공원을 선정하였다. 이는 연구지역 선정 과정에서 다음의 세 가지 사항을 고려하여 선정한 결과이다. 첫째, 전체 국립공원 지정 면적 중 해상면적이 다수를 차지하는 태안해안, 다도해상 국립공원은 지다양성 측정에 필요한 지질도, 토양도 등이 구축되어 있지 않기 때문에 제외하였다. 둘째, 사례지역을 격자로 분할하여 측정 결과를 도출하는 방식을 고려하여 격자의 개수가 무리하게 많거나 너무 적어서 분석의 효율성이 떨어지지 않도록 적당한 면적을 지닌 지역을 선정하였다. 셋째, 현장조사에서 수월한 답사가 가능하도록 도로, 등산로가 적절하게 조성되어 있는 지역을 선정하였다.

표 3-2 우리나라의 국립공원 지정 현황

지정 순 위	공원명	위 치	공 원 구 역		비 고
			지정년월일	면적(k㎡)	
계	22개소			6,726.298	육지 : 3,972.589 해면 : 2,753.709 ※ 국토면적의 3.96% (육상면적 기준)
1	지 리 산	전남·북, 경 남	'67.12.29	483.022	
2	경 주	경북	'68.12.31	136.550	
3	계 룡 산	충남, 대전	'68.12.31	65.335	
4	한려해상	전남, 경남	'68.12.31	535.676	해상 408.488
5	설 악 산	강원	'70. 3.24	398.237	
6	속 리 산	충북, 경북	'70. 3.24	274.766	
7	한 라 산	제주	'70. 3.24	153.332	
8	내 장 산	전남·북	'71.11.17	80.708	
9	가 야 산	경남·북	'72.10.13	76.256	
10	덕 유 산	전북, 경남	'75. 2. 1	229.430	
11	오 대 산	강원	'75. 2. 1	326.348	
12	주 왕 산	경북	'76. 3.30	105.595	
13	태안해안	충남	'78.10.20	377.019	해상 352.796
14	다도해상	전남	'81.12.23	2,266.221	해상 1,975.198
15	북 한 산	서울, 경기	'83. 4. 2	76.922	
16	치 악 산	강원	'84.12.31	175.668	
17	월 악 산	충북, 경북	'84.12.31	287.571	
18	소 백 산	충북, 경북	'87.12.14	322.011	
19	변산반도	전북	'88. 6.11	153.934	해상 17.227
20	월 출 산	전남	'88. 6.11	56.220	
21	무 등 산	광주, 전남	'13. 3. 4	75.425	
22	태 백 산	강원	'16. 8.22	70.052	

(출처: 국립공원관리공단, 2017년 기준)

2. 분석스케일 설정

지다양성을 측정하여 결과를 나타낼 때, 연구지역 전체에 대하여 높고 낮음의 정도를 범주화하여 표현한다. 이를 위해 연구지역을 세부적으로 구분하여 측정하게 되는데, 그 구분 기준으로는 격자를 생성하여 연구지역에 적용하였다. 이 때 어느 정도 규모의 격자 크기를 설정할 것인지는 연구지역의 특성을 기반으로 결정한다.

Pereira *et al.* (2013)은 브라질의 한 주(state)를 대상으로 측정을 진행하였는데, 그 면적은 199,570km² 이다. 따라서 해당 논문에서는 25km×25km의 격자 크기로 분석하였다. 이는 대상 면적을 고려하면서도 지역적 구성요소를 반영할 수 있는 분석스케일로 판단되었다. 분석스케일을 크게 설정하면 지역적 규모의 상세한 구성요소의 분포를 표현할 수 없고, 반면 분석스케일을 작게 설정하면 전체 지역 규모의 다양성을 계급화할 때 효율적이지 않다고 설명하였다.

Silva *et al.* (2013)도 앞서 살펴본 연구와 유사하게 주장하였다. 면적이 305,000km²에 달하는 브라질의 한 유역을 대상으로 지다양성을 측정하였고, 이 때 분석스케일은 13.8km×13.8km로 설정하였다. 이 스케일은 지질, 지형, 토양, 광물 등 분석에 활용한 구성요소들의 다양성 정도를 표현할 수 있는 격자 크기로 판단되었다.

따라서 본 논문에서도 기존 연구들과 같이 측정 자료의 분포를 표현하면서도 전체 연구지역 면적을 고려했을 때 다양성을 효율적으로 나타내도록 분석스케일을 설정하고자 하였다. 이를 위해 각 국립공원 경계를 포괄하는 일정한 크기의 격자를 임의로 설정하여 적용하였으며, 동일한 과정을 반복하여 분석스케일을 선정하였다.

먼저 격자 크기를 1km×1km로 설정했을 때의 결과부터 확인해보았다. 본 논문에서 사례지역으로 선정한 국립공원의 면적은 100km² 내외이기 때문에 이 경우에는 분석스케일이 전체 지역 면적에 비해 크게 설정되어 다양성을 표현하기에 한계가 있다고 판단하였다. 따라서 분석스케일을 작게 설정하여 적용해보았다. 250km×250km 크기로 설정했을 때는 측정

자료에서 나타나는 구성요소의 상세한 분포를 반영하지 못하는 점을 발견하였다. 특히 측정 자료 중에서 지형자원의 분포 자료는 점, 선, 면으로 구성되어 있기 때문에 이를 반영하기 위해서는 250m×250m 이하의 격자 크기는 활용이 불가능하다고 판단하였다. 그 이유는 해당 격자가 포괄할 수 있는 범위 내에서 지형자원의 분포를 나타낼 수 없고, 지다양성 측정 과정에서 영향을 미치지 못하는 결과가 초래되기 때문이다. 이를 해결하기 위하여 격자 크기가 최소 500m×500m 이상이 되어야 한다고 판단하였다. 또한 500m×500m 격자 크기로 지형분석을 했을 때 미시적인 지형과 거시적인 지형경관 모두를 고찰할 수 있는 이상적인 규모로 평가된 사례가 있다(Pereira *et al.*, 2013).

따라서 본 논문에서는 3개의 사례지역에 대하여 각각의 국립공원 경계에 맞추어 500m×500m 격자 크기로 지역을 분할하였다. 3개 국립공원의 면적이 상이하기 때문에 격자의 개수 또한 차이가 있다. 변산반도 국립공원의 경우 총 격자의 개수는 574개이고, 북한산 국립공원은 360개, 치악산 국립공원은 734개이다.

제 2 절 Geodiversity 측정

1. Geodiversity 측정 자료

1) 지형 자원

지다양성 측정에 관한 선행 연구에서는 지형 자원의 경우 점, 선이 아닌 면 자료로 구축된 지형도를 활용하였다. 이 때 지형도란 지형자원의 분포를 나타내는 자료로 지형유형과 요소, 그 가치에 따라 구분된 지형 자원 항목들의 위치나 면적, 형태 등을 나타낸다. 이를 통해 지형 자원의 유형과 보전 등급의 정도 등 각 지형 요소들의 특성을 파악할 수 있다. 하지만 우리나라에 현재 이와 같은 자료, 즉 지형 자원의 유형과 해당 요소들 및 각각의 특성을 알 수 있는 자료가 구축되어 있지 않기 때문에 대체 자료를 탐색하여 활용하였다.

(1) 전국자연환경조사의 지형현황도

대체 자료 중 하나는 제3차 전국자연환경조사를 통해 구축된 지형현황도 자료이다. 이는 급애, 토르, 애추 등 국내에 분포해 있는 대표 지형 자원들을 조사하여 점·선·면으로 그 위치를 지도에 나타낸 자료이다. 해당 지형 요소의 위치와 이에 대한 설명 및 보존 등급 등의 속성 정보를 포함한다. 이 자료는 우리나라에서 명소로 알려진 특정 지형 요소들을 대상으로 하기 때문에 지형 자원의 유·무와 위치를 알려주지만 우리나라 전역에 걸친 모든 지형 자원을 포함하지는 못한다는 한계가 있다. 하지만 국가적 차원에서 전국을 대상으로 구축한 자료이며 자연환경조사를 지속적으로 진행하여 자료의 개선을 위해 노력하고 있으므로 대표성을 지닐 수 있다고 판단하였다.

해당 자료는 지다양성 측정 사례지역에 대하여 500m×500m 크기로 격자를 구축하고, 각 격자에 해당하는 지형 자원의 개수를 산출하는 방식으로 활용되었다.

(2) 카테나 지형분류기법을 활용한 지형유형 자료

점·선·면 자료라는 지형현황도 자료의 한계점을 보완하고자 또 다른

대체 자료를 모색하였다. 전체 사례지역에 대한 상이한 지형 유형의 분포를 표현하는 자료가 필요하였고, 따라서 지형분류기법을 활용하여 자료를 구축하였다.

지형분류기법은 전통적으로 성인적 분류법(generic classification)과 형태적 분류법(morphometric classification)이 있다. 성인적 분류법은 지형의 형태와 그 형성 작용을 중시하여 성인, 형태, 형성시기, 구성 물질 등을 중심으로 지형을 분류하는 방법이다. 형태적 분류법은 지형의 형태 자체에 초점을 맞추어 지형을 분류하는 방법이며, 대표적으로 TPI, Geomorphons 가 해당된다. 형태적 분류법은 수치고도모델을 이용하여 비교적 간편하게 지형을 분류할 수 있다는 점이 장점이지만, 지형의 성인에 대한 고려가 부족하다는 단점을 지닌다.

Park *et al.* (2001)에 의해 전통적인 성인적 분류법과 형태적 분류법의 특성을 모두 반영하는 카테나(Catena) 분석방법이 개발되었다. 이는 수치고도모형을 이용하여 물과 물질의 이동(사면유역지수), 이에 영향을 주는 사면의 형태(사면곡면률)를 나타내는 지형지수를 도출한다. 도출된 지수를 바탕으로 각 지형단위를 추출할 수 있으며, 7개의 사면지형으로 구분된다. 이 때 산지와 비산지에 해당하는 사면지형을 구분하여 총 14개의 지형단위를 구축할 수 있다.

카테나 지형분류기법은 지형발달과정을 정량적, 직관적으로 이해할 수 있다는 강점을 지닌다. 산사태 발생 예측평가에 TPI, Geomorphons, 카테나 지형분류기법들을 적용한 결과, 카테나 분석법이 약 90%의 가장 높은 예측력을 지니는 기법으로 평가되었다(이수연 등, 2015). 이는 물질의 흐름과 지표면의 경사 형태를 반영하여 지형유형을 분류한 결과로 평가된다.

따라서 본 논문에서 지형자원으로 활용하기 위한 자료 구축에 있어서, 지형분류기법 중 카테나 기법에 따라 지형 유형을 분석하였다. 사례지역에 대한 각 격자에 해당되는 지형 유형 단위의 개수를 파악하여 지다양성 측정에 활용하였다. 이 자료는 사례지역 전체에 대하여 구축이 가능하며, 14개의 지형단위를 활용하므로 지형의 다양성을 표현하는 역할을 할 수 있을 것으로 예상하였다.

2) 지질 자원

지질 자원을 대표할 자료로는 지질자원연구원에서 제공하는 지질도를 활용하였다. 지질자원연구원에서는 1 : 100만, 25만, 5만의 축척으로 구성된 지질도를 제공하고 있다. 본 논문에서는 1 : 25만 지질도를 사용하여 연구지역의 지질 자원 현황을 파악하였다. 해당 자료는 지다양성 분석 과정에서 사례지역에 대한 각 격자에 해당하는 지질 자원의 개수를 도출하는 방식으로 활용되었다.

3) 토양 자원

(1) 개략 토양도

토양 자원에 대한 자료로는 두 가지 종류의 자료를 활용하였으며, 개략 토양도와 정밀 토양도가 해당된다. 먼저 개략토양도는 1:5만 축척이며, 토양목(soil order) 단위로 토양을 분류한 자료이다. 우리나라는 미국 농무성에서 1975년에 개발한 신분류법(Soil Taxonomy)을 기준으로 토양을 분류하고 있다. 이는 토양 생성 및 발달의 결과인 주요한 감식층위의 유무와 그 종류에 의하여 12개 목으로 토양을 분류한다. 현재까지 밝혀진 한국 토양의 목은 엔티졸(Entisols), 인셉티졸(Inceptisol), 알피졸(Alfisols), 몰리졸(Mollisols), 울티졸(Ultisols), 안디졸(Andisols), 히스토졸(Histosols) 등 7개 종류이다.

각 사례지역에 대한 격자별 토양목의 개수를 도출하여 지다양성 측정에 활용하였다.

(2) 정밀 토양도

우리나라에서 사용하는 토양분류체계에 따르면, 목 분류 다음으로 아목(suborder), 대군(great group), 아군(subgroup), 속(family), 통(series) 분류가 있다. 정밀 토양도는 1 : 25,000 축척으로 구축되었으며, 토양분류체계 중 가장 저차단위에 해당하는 토양통에 따라 토양을 분류한 자료이다. 현재까지 밝혀진 한국의 토양통은 390개이다.

개략 토양도와 동일한 방식으로 각 사례지역에 대한 격자별 토양통 개수를 산출하여 연구에 활용하였다.

4) 수자원

연구지역 내에 수문 요소의 분포를 확인하기 위한 자료로서 환경부에서 제공하는 하천망도를 활용하였다. 이 자료에는 하천의 분류와 지류에 대한 위치 정보와 하천명, 길이 등의 속성 정보가 포함되어 있다. 본 논문에서는 앞서 지다양성 측정법에 관한 선행연구인 Pellitero *et al.* (2015)에서 수자원 자료를 활용한 방식을 적용하였다. 이는 각 측정단위 격자에서 나타나는 하천의 차수를 활용하는 방식이다. 하천 차수의 절반에 대한 값을 반올림하여 해당 격자에 값을 부여한다. 즉 어느 한 격자에서 나타나는 최대 차수의 하천이 제3지류일 경우, 절반 값이 1.5이므로 이를 반올림하면 2가 된다. 따라서 그 격자에는 2의 값을 부여하는 방식이다.

우리나라의 하천망도를 통해 확인할 수 있는 각 하천들의 차수를 파악하기 위해 한국하천협회에서 제공하는 속성 자료를 함께 활용하였다. 이에 따르면 우리나라의 하천은 분류와 제1지류부터 제6지류까지로 분류된다. 따라서 측정 격자에 부여할 수 있는 최대값은 3이며, 분류는 1의 값을 지닌다. 하천이 존재하는 않는 격자의 경우, 값은 0이 된다.

표 3-3 지다양성 측정에 활용한 연구자료

유형	자료	출처
지형	제3차 전국자연환경조사 결과	국립생태원
	카테나(catena) 지형분류기법을 활용한 지형분류자료	-
지질	1 : 25만 지질도	한국지질자원연구원
토양	1 : 50,000 개략토양도	농촌진흥청 국립농업과학원
	1 : 25,000 정밀토양도	
수문	하천망도	환경부, 한국하천협회
Roughness value	SRTM 30m DEM 기반	-

2. Geodiversity 측정 방법

측정방식으로는 상대적으로 많이 인용, 적용 되고 있는 알고리즘인 ‘Richness Index’(Hjort *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013)와 ‘Roughness Index’(Serrano *et al.*, 2007, 2009; Pellitero *et al.*, 2011)를 선정하였다.

1) Richness Index

Richness란 풍부도를 의미한다. 즉 얼마나 많은 요소가 분포하고 있는지를 산출하는 방식이라 말할 수 있는데, 지다양성과 관련한 Richness Index에서는 지다양성 구성요소들의 개수를 구하는 방식이다. 연구지역에 대한 격자망을 형성하여 격자에 따른 지다양성 측정 지수를 도출하는 방식이므로 각 격자에 분포해 있는 지형, 지질, 토양, 수문 요소들의 개수를 모두 합하여 결과 값을 구축하고, 각 격자에 해당하는 값을 비교함

으로써 지다양성의 높고 낮은 정도에 해당하는 지점들을 그 특성에 따라 비교 분석할 수 있다. 이와 같은 동일한 산출 방식으로 기반 자료를 달리하여 총 4가지의 지수로 구분하여 Richness Index 값을 도출하였다.

이 때 수자원 자료를 바탕으로 하천차수의 값을 도출하는 방법은 측정격자에서 볼 수 있는 최대차수의 1/2값을 부여해주는 방식으로, 환경부에서 제작한 하천망도와 한국하천협회에서 제공하는 속성자료를 바탕으로 분류와 제1지류부터 제6지류까지 하천 지류를 구분함으로써 차수를 구하고 1/2값을 부여하였다.

- ① $T1 = \text{지형} + \text{지질} + \text{토양 목} + \text{수자원}$
- ② $T2 = \text{카테나} + \text{지질} + \text{토양 목} + \text{수자원}$
- ③ $T3 = \text{지형} + \text{지질} + \text{토양 통} + \text{수자원}$
- ④ $T4 = \text{카테나} + \text{지질} + \text{토양 통} + \text{수자원}$

2) Roughness Index

Roughness Index는 Richness Index를 기반으로 하여 roughness value를 곱하여 산출하는 방식이다. roughness value는 지형의 roughness, 즉 지형기복의 정도를 분석하여 도출하였다. 지형기복 분석 과정은 지표면의 거칠기 정도, 즉 지표면이 얼마나 울퉁불퉁하게 기복이 있는 형태로 나타나는지를 파악하기 위한 과정이다. 이를 파악하기 위해 DEM을 기반으로 경사도를 분석한 후 경사도 단위를 세밀하게 재분류하고 ArcGIS에서 'Focal statistics' 기능을 활용하여 '다양성' 값을 도출한다. 즉 서로 다른 경사도 값이 일정 공간범위에서 얼마나 다양하게 나타나는지를 알 수 있기 때문에 지표면의 울퉁불퉁한 정도를 파악할 수 있으며 이 값을 roughness value로 대입하였다.

- ① $R1 = T1(\text{지형} + \text{지질} + \text{토양 목} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$
- ② $R2 = T2(\text{카테나} + \text{지질} + \text{토양 목} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$
- ③ $R3 = T3(\text{지형} + \text{지질} + \text{토양 통} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$
- ④ $R4 = T4(\text{카테나} + \text{지질} + \text{토양 통} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$

제 3 절 현장조사 및 설문조사

현장조사는 지다양성 측정 결과를 토대로 하여 각 측정 지수별로 지다양성이 높게 측정된 곳과 낮게 측정된 지점을 각각 20개 지점씩 선정하여 실제 경관을 관찰하기 위한 답사를 진행하는 방식으로 수행하였다. 따라서 1 개의 연구지역 당 총 40개 지점을 답사 지점으로 선정하고 현장을 방문함으로써 해당 지점의 경관을 관찰하고 사진을 촬영하였다.

현장을 답사하기 전, 각 사례지역에 해당하는 위성지도에 격자를 중첩하여 나타내고, 답사 지점의 위치와 공간 범위를 확인하였다. 이는 500×500m 규모의 각 격자에 해당하는 경관의 범위를 파악하기 위한 과정이다. 이러한 격자 규모를 고려하여 현장 사진을 촬영할 수 있는 촬영 위치를 지정하였다. 이 때 격자에 해당하는 경관이 전반적으로 사진에 모두 포함될 수 있도록 촬영 위치는 시야가 탁 트인 곳으로 선정하였다.

현장 사진은 165cm의 신장을 지닌 저자의 눈높이에서 27mm 렌즈의 디지털 카메라로 촬영하였다. 이는 서주환 등(1998)에서 시야각을 고려했을 때 24 ~ 28 mm 렌즈로 촬영하는 것이 촬영 지점에서의 조망 경관을 담을 수 있다는 연구를 참고하였다. 현장 답사 전에 수행한 사전 조사를 통해 지정한 촬영 위치에서 이와 같이 각 지점에 대한 경관 사진을 촬영하였다. 현장조사 시행 일시 및 관련 정보는 <표 3-4>와 같다. 현장조사 사진과 설문지 항목에 대한 예시는 <부록 2>에 첨부하였다.

표 3-4 현장조사 일자, 지역, 대기 상태에 대한 정보

조사 일자	조사 지역	대기 상태
2017년 9월 15일	북한산 국립공원 일대	맑음(서울시 기준)
2017년 9월 17일	변산반도 국립공원 일대	맑음(부안군 기준)
2018년 9월 24일	치악산 국립공원 일대	짙은 안개(원주시 기준)
2017년 9월 26일	북한산 국립공원 일대	맑음(서울시 기준)

이러한 현장조사는 본 논문의 핵심 전제인 지다양성이 높을수록 다양한 경관이 형성된다는 점을 확인하기 위한 과정이면서, 이와 동시에 현장조사를 기반으로 지다양성 적정지표를 선정하기 위한 목적으로 시행되었다. 이 때 같은 경관을 접하더라도 개개인이 경관을 인식하는 기준에 따라 그 경관에 대한 선호도와 평가가 다를 수 있다는 점을 고려하였다.

설문조사는 전국자연경관조사를 참고하여 문항을 구성하였다. 전국자연경관조사는 우리나라 자연경관자원의 현황을 파악하고 이에 대한 조망점을 모색하는 등의 정보를 구축하는 목적으로 2006년부터 2008년까지 국립환경과학원에 의하여 시행되었다. 산지경관, 수경관, 생태경관으로 구분하여 조사를 진행하였으며 이 논문의 연구지역이 산지형 국립공원인 점을 고려하여 산지경관 조사지침을 주로 참고하였다.

산지경관 조사지침에 따른 조사 목적은 경관심의 대상이 되는 주요 보호지역, 즉 자연공원, 습지보호지역, 생태경관 보전지역 일대의 산지경관에 대한 현황 조사와 경관특성 평가를 통해 보전 및 조망 가치가 높은 산지경관자원을 발굴하며, 다양한 조망점에서의 조망 정보를 구축하는 것이다. 이를 위해 선정한 보호지역 일대의 경관자원에 대하여 사전조사와 현장조사를 시행하였는데, 현장조사에서 활용하고자 마련한 각각의 경관자원 평가항목과 기준을 참고하였다.

설문 대상자들은 설문 대상 사진에 대하여 어느 국립공원인지에 대한 정보 외에 사진촬영 위치, 지형자원의 유무 등 어떠한 사전정보도 주어지지 않은 상황에서 평가하도록 하였다. 설문 대상은 일반인으로 선정하였으며 응답인원은 총 56명이다. 각 지점에 대하여 경관의 희소성, 심미성, 조화성, 경관다양성, 경관변화 감상가치에 대한 항목으로 인식조사를 진행하였다. 점수는 경관이 희소하거나 심미성 등의 가치가 높을수록 5점을 부여하며, 1점 척도로 1 ~ 5점까지 점수를 부여하도록 구성하였다. 각 설문 항목에 대한 평가 기준은 <표 3-5>로 제시하였다.

표 3-5 경관평가항목별 평가 기준

평가 항목	평가 기준
희소성	사진에서 볼 수 있는 경관과 유사한 유형의 경관이 희소한 경관인지를 기준으로 판단
심미성	해당 경관 자체의 색, 형태, 패턴, 질감 등이 주는 아름다움이 뛰어난지를 기준으로 평가
조화성	경관의 일부만을 조망할 때보다 모든 주변 경관을 함께 조망할 때 심미성이 증가하는지를 기준으로 평가
경관다양성	해당 경관에 조망가치가 높은 다양한 자원이 존재하는지를 기준으로 평가
경관변화 감상가치	시간, 계절, 연도의 변화에 따른 경관변화를 감상할 가치가 높은지, 혹은 특정 시간이나 계절의 정취를 감상하기에 좋은 곳인지를 기준으로 판단

(출처: ‘전국자연경관조사지침(2008)’의 내용을 바탕으로 재구성)

제 4 장 연구 결과

제 1 절 Geodiversity 측정 결과

1. 연구지역별 결과

1) 변산반도 국립공원

(1) 측정결과의 패턴 분석

변산반도 국립공원 일대를 대상으로 한 지다양성 측정 결과의 패턴을 분석하였다. 먼저 지다양성이 높게 도출된 곳의 특성을 살펴보면, 하천이 위치하는 곳이라는 공통점이 있다. 국립공원을 가로질러 길게 흐르고 있는 본류 직소천을 중심으로 하천을 따라 지다양성이 높게 도출되었다. 하지만 하천이 있다고 해서 무조건 지다양성이 높게 나타나는 것은 아니며, 하천 주변으로 다양한 토양 요소들이 분포하고 있는 지점들이 해당된다. 또한 직소천이 흐르는 지점에 수직절리지형, 주상절리지형, 급애, 암괴원, 포트홀, 나마 등의 산지지형이 형성되어 있어 지다양성 결과가 높게 도출되는 것에 기여한 것으로 판단된다. 한편 변산반도 국립공원의 대부분을 이루고 있는 변산은 산성화강암류라는 하나의 지질 요소로 구성되어 있어, 지다양성 측정 결과에서 지질 요소는 큰 비중을 차지하지 않는다. 변산반도 국립공원의 지다양성 측정 과정에서 사용한 자료들은 <부록 3>에 첨부하였다.

하천 주위에서 지다양성이 높게 도출된 점은 본 연구에서 활용한 지다양성 측정 지수 중 Richness Index에 해당하는 네 개 지표의 측정결과에서 공통적으로 확인할 수 있는 패턴이다. 즉 지질, 지형, 토양, 수문 요소로 지다양성을 측정하는 Richness Index에 따르면, 해당 지역은 지질 요소의 분포가 단순하여 그 역할이 미미하기 때문에 그 외의 구성요소인 지형, 토양, 수문 요소의 영향으로 측정 결과에서의 차이가 결정된다. 특히 하천을 따라서 다양한 지형이 형성되어 있을 뿐만 아니라 하천 주변

에서 다른 지역에 비해 토양 요소들 또한 다양하게 분포하고 있다. 이로 미루어 보아 수문 요소인 하천을 중심으로 그 주변의 토양과 지형이 유기적으로 상호작용할 수 있다는 점을 유추할 수 있고, 이에 해당하는 지점들의 지다양성이 높게 도출되었다. 한편 지형의 기복을 반영한 Roughness Index를 활용한 측정결과를 보면, 수문 또는 토양 요소들의 분포보다 실제 지형의 기복량 차이에 의해 더 많은 영향을 받았음을 확인하였다. 따라서 지다양성 측정 결과의 패턴이 Richness Index를 활용한 결과와는 다른 모습으로 나타나는데, 지형적으로 평탄하거나 기복차가 적은 곳은 지다양성이 낮게 나타나며 반대로 급경사 지형이 존재하거나 기복차가 울퉁불퉁하게 나타나는 지점에서는 지다양성이 높게 도출되었다. 따라서 Roughness Index를 활용한 측정결과는 지형 간의 기복차와 급경사지의 존재 여부를 반영할 수 있는 측정 지수로 판단되며, 이는 기복차에 의해 형성된 작은 계곡 등 미지형 요소의 형성과정 및 존재를 고려할 수 있을 것으로 예상된다.

(2) 측정지수 별 결과 분석

① T1

먼저 T1 방식으로 변산반도 국립공원의 지다양성을 측정한 결과, 평균값은 3.2이며 최댓값은 8, 최솟값은 1, 표준편차와 분산은 각각 0.91, 0.84이다. 분석 값의 히스토그램에 따르면 전체 분석 격자 574개 중에서 3의 값을 갖는 지점들이 300개 이상으로 가장 많다. 최댓값인 8로 측정되는 두 지점의 특성을 봤을 때 지형요소가 4개와 3개로 많은 지형자원이 분포하고 있는 지점이라는 것이 공통된 특징이다. T1 측정값의 평균인 3.2보다 높은 값을 지니는 지점들의 전반적인 특성을 살펴보았을 때, 수문 요소가 분포하고 있는 경우가 많고, 토양 요소가 2개 이상이다. 지형 요소는 T1의 값이 6 이상인 지점들의 경우 3개 이상의 지형자원이 분포한다. 종합해보면 평균 이상의 값을 지니는 지점들은 대체로 수자원이 분포해 있으며 1개 이상의 지질 자원을 기반으로, 지형이나 토양 요소의 개수에 따라 높은 값의 지다양성을 지닌다.

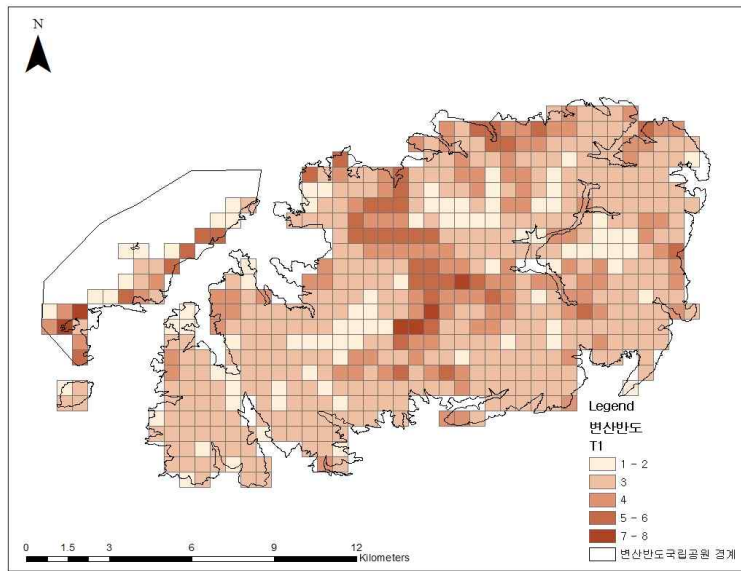


그림 4-1 변산반도 국립공원 T1 측정 결과

② T2

T2에 따른 측정 결과 평균은 9.9이며 표준편차 값이 2.32이고, 분산이 5.36, 최댓값과 최솟값은 각각 19와 2로 도출되었다. 히스토그램을 보면 이번에는 9의 값을 지니는 격자가 300개 이상으로 나타난다. T1과의 차이점은 지다양성을 측정할 때 지형 요소로서 카테나 자료가 활용되었다는 점이다. 카테나 자료는 면으로 구축되어 있는 자료이기 때문에 모든 격자에 1 이상의 값이 포함된다. 카테나 자료를 기반으로 하면 최댓값이 14이기 때문에 최종 지다양성 측정값이 T1에 비해 크다. 평균 이상의 값을 도출된 격자들의 특성을 살펴보았다. 먼저 최댓값을 지니는 지점이 총 3개 지점인데, 이들은 모두 14개의 카테나 요소와 1개의 지질 자원, 3개의 토양 요소와 1점 등급의 수자원이 분포해 있다. 평균을 넘는 10점 이상의 값을 지니는 지점들에는 대체로 1개 또는 2개 이상의 토양자원과 6~7개 이상의 카테나 요소가 분포한다는 점이 특징이다. 종합해보면 T2 측정법에서는 카테나 요소의 개수에 따라 결과 값이 영향을 받는 것을 파악하였다.

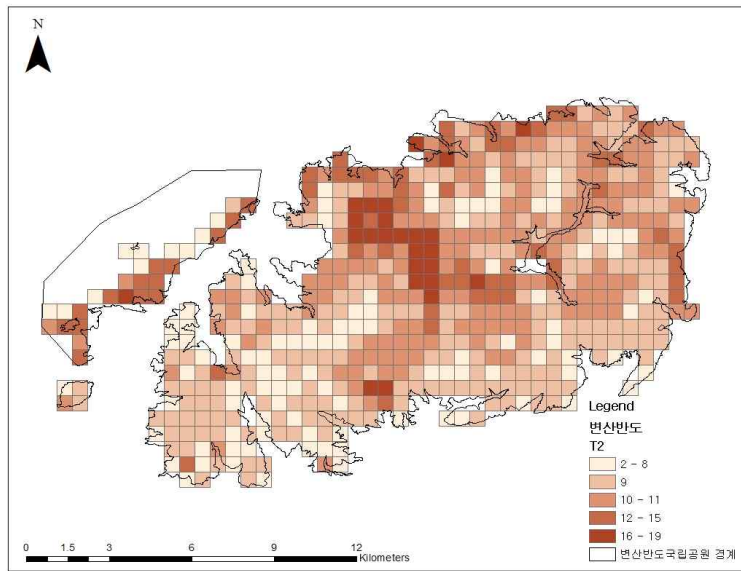


그림 4-2 변산반도 국립공원 T2 측정 결과

③ T3

T3의 평균은 4.8, 표준편차 값은 1.9이며 최댓값이 12, 최솟값이 1로 도출되었다. 히스토그램을 보면 이전의 측정법 결과들에서는 300개 이상의 격자에서 같은 값이 도출되던 것에 비해, T3 측정 결과에서는 결과 값이 고르게 분포한다. 최댓값인 12로 측정된 지점은 지형자원이 3개, 지질자원이 1개, 토양통 분류에 의한 토양 요소가 7개이며 수문 값이 1에 해당하는 곳이다. 높은 값을 갖는 지형자원이 측정 결과에서 최댓값으로 도출되는 데에 기여한 것으로 판단된다. 그 외에 10 이상의 결과 값을 지니는 지점들의 특징은 8~9개의 여러 가지 토양 요소가 분포하고 있다는 점이다. 종합해볼 때, T3의 경우 평균 이상의 결과 값을 지니는 지점들에는 수문 요소가 분포하며 지형자원이 밀집해 있는 곳이거나 토양 요소가 다양하게 분포하고 있는 지점이다.

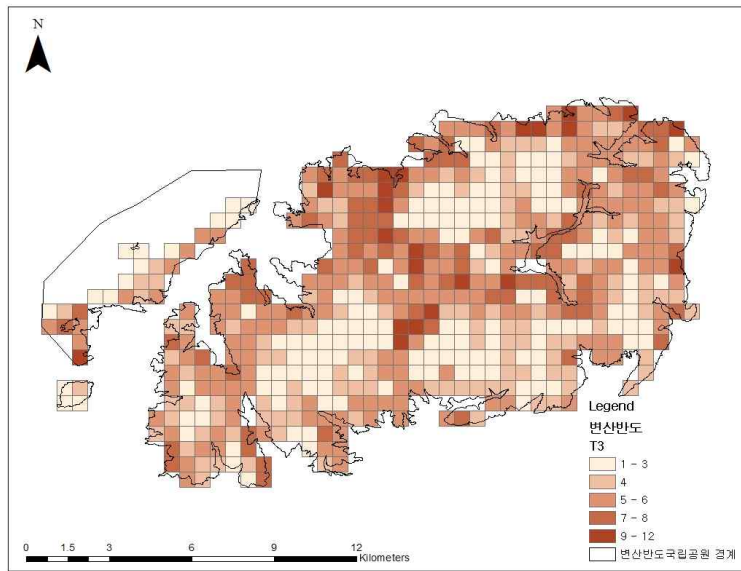


그림 4-3 변산반도 국립공원 T3 측정 결과

④ T4

T4 측정방식에 따른 결과 값의 평균은 11.5이며 표준편차는 3.13으로 나타난다. 최댓값은 25, 최솟값은 2이다. 지금까지 살펴보았던 변산반도 국립공원을 대상으로 한 총 4가지의 Richness Index들 중에서 가장 큰 최댓값을 갖는다. 히스토그램은 지금까지 살펴본 것들과 유사하며 300개 이상의 지점에서 10 내외의 결과 값이 도출된 것으로 나타난다. 최댓값이 높게 도출되는 경향은 측정자료 중에서 카테나와 토양 통의 영향을 많이 받았기 때문인 것으로 판단된다. 최댓값인 25가 도출된 지점에서는 카테나 요소가 최댓값인 14개가 분포하며, 9개의 토양통이 분포한다. 또한 그 외의 결과 값이 20점 이상인 지점들도 10 이상의 카테나 값과 6 이상의 토양 여서를 지니고 있어 큰 값이 도출되었다. T4 측정법 역시 T3과 유사하게 지다양성 측정 자료 중에서도 카테나와 토양통 자료의 값이 최종 측정값에 미치는 영향이 컸다. 이 두 자료가 나타낼 수 있는 절댓값 자체가 크기 때문에 최종 결과 값의 증가에도 쉽게 영향을 미치는 것으로 파악된다.

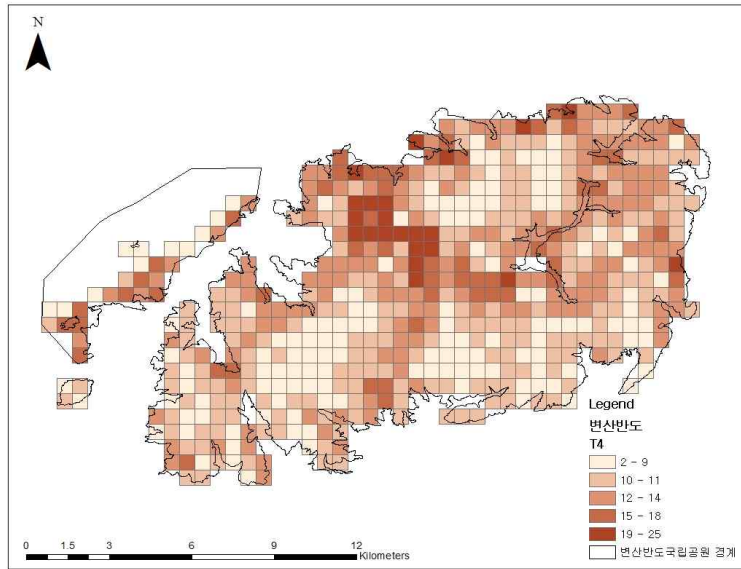


그림 4-4 변산반도 국립공원 T4 측정 결과

⑤ R1

Roughness Index의 경우 해당 연구지역의 roughness value를 도출하여 앞서 구한 Richness Index에 곱하여 주는 측정방식이므로 결과 값을 서로 비교했을 때 전반적으로 값이 증가하게 된다. R1의 경우 평균이 11.5이고, 표준편차가 3.13, 최댓값과 최솟값이 각각 64와 1이다. 히스토그램을 통해 측정값들의 분포를 살펴보면, 200개 이상의 지점에서 20~25점 사이의 값을 갖는다. 64점에 해당하는 가장 높은 값을 갖는 지점은 측정 기반이 되는 T1이 최댓값인 8을 지니며, roughness value 또한 최댓값에 해당하는 8점으로 도출된 지점이다. 이러한 결과를 통해 R1의 의미를 도출하자면, T1에 해당하는 다양한 지형자원들의 분포와 복잡한 기록 형태를 지니는 지표가 서로 연계되어 상호작용할 수 있는 가능성을 보여주는 지표로 해석할 수 있다.

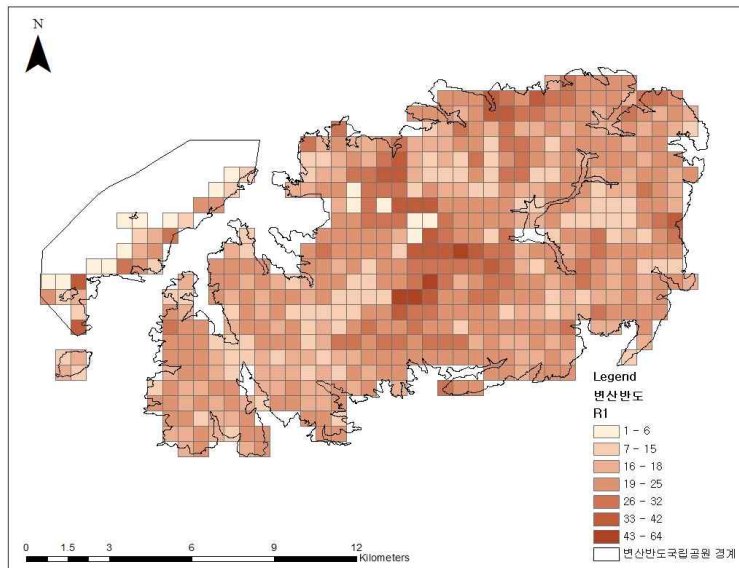


그림 4-5 변산반도 국립공원 R1 측정 결과

⑥ R2

R2에 따른 지다양성 측정 결과의 평균은 63.3이며 표준편차가 17.68, 최댓값이 128, 최솟값이 4로 도출되었다. 이러한 값의 분포는 R1보다 전반적으로 높으며 결과 값 분포의 편차도 크다. 히스토그램을 분석해보면 약 400개에 달하는 지점에서 지다양성 측정값이 50~70점 사이에 분포한다. 최솟값부터 40점 사이와 80점에서 최댓값 사이의 점수에 해당하는 지점들은 분포가 적은 것으로 보아, 점수가 40점에서 80점 사이에 집중되어 도출되었음을 파악하였다. R2에 따른 최댓값인 128점이 도출된 지점은 roughness value가 최댓값을 나타내는 곳이다.

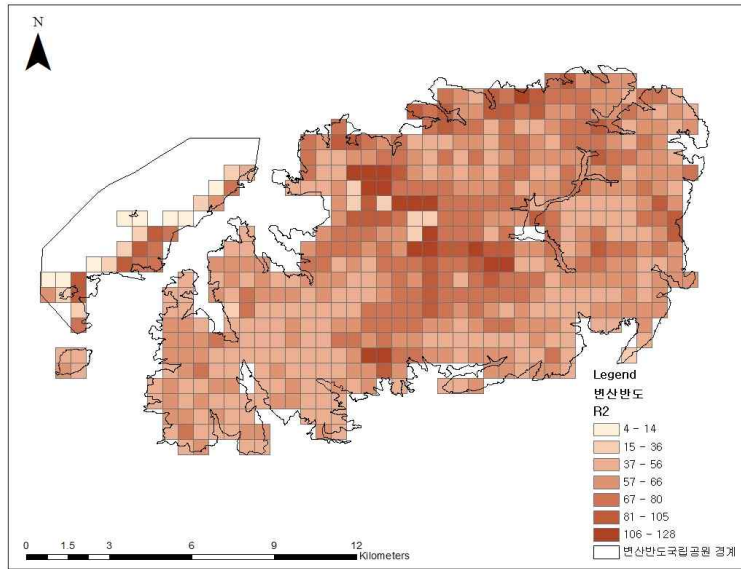


그림 4-6 변산반도 국립공원 R2 측정 결과

⑦ R3

R3 방식으로 도출한 변산반도 국립공원의 지다양성 측정 결과, 평균이 30.6, 표준편차 값이 13.44이며 최댓값과 최솟값은 각각 84와 1이다. 히스토그램에 따르면 200개 이상의 격자에서 20~30점 사이의 측정값을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 84점의 최댓값을 포함하여 80점 이상의 값을 갖는 지점들의 roughness value 값을 살펴본 결과, 높은 값에 해당하는 7~8점을 지니는 지점들이었다. R3 측정 때 기반이 되는 T3 값이 높은 지점들에서 R3 값도 높게 나타난다.

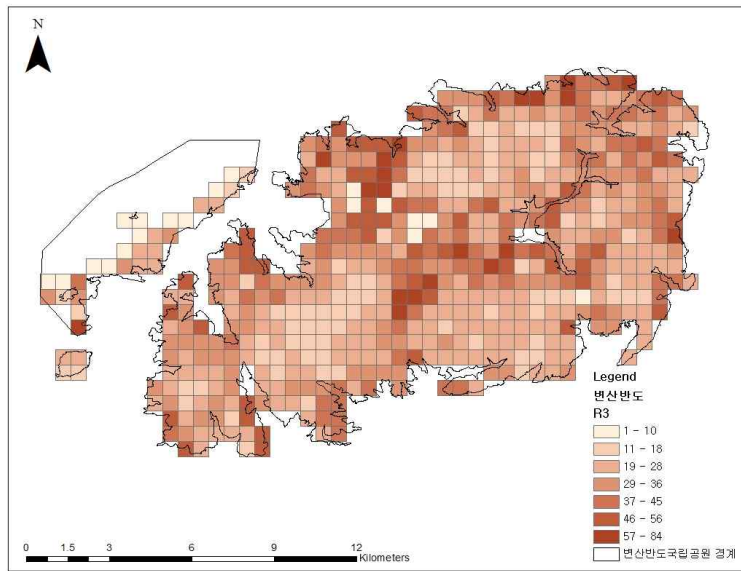


그림 4-7 변산반도 국립공원 R3 측정 결과

⑧ R4

마지막으로 R4 측정방식에 따른 지다양성 측정 결과를 살펴보면, 평균이 73.4로 역시 높은 값으로 도출되었으며 표준편차가 22.88, 최댓값이 161, 최솟값이 4이다. 변산반도 국립공원에 대한 모든 측정결과 중에서 가장 큰 최댓값이 도출된 것이 특징이다. 이 최댓값이 도출된 지점에 대한 T4의 값은 23점으로, 평균 11.5보다 매우 큰 점수를 지닌 곳이다. 여기에 roughness value 값이 7점이므로 최종 값이 크게 측정되었다.

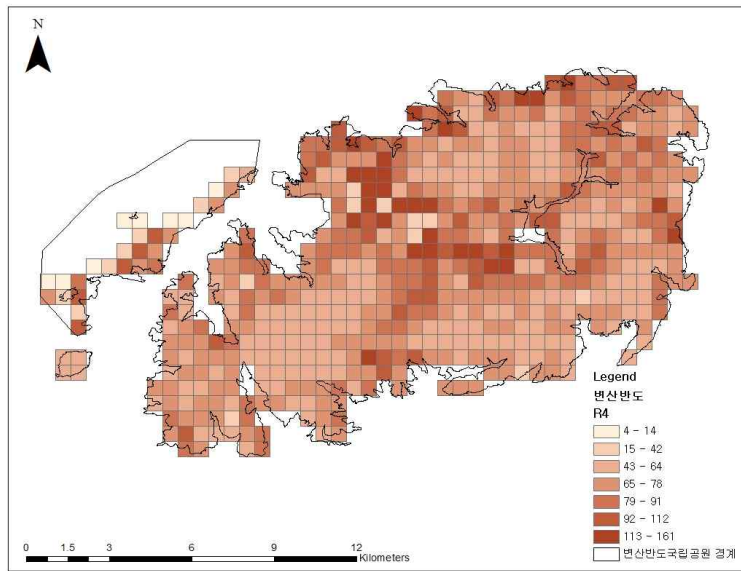


그림 4-8 변산반도 국립공원 R4 측정 결과

표 4-1 변산반도국립공원 지다양성 측정지표별 통계 결과

(총 격자 수: 574 개)

	T1	T2	T3	T4	R1	R2	R3	R4
평균	3.2	9.9	4.8	11.5	20.7	63.5	30.8	73.6
표준편차	0.91	2.30	1.9	3.12	6.92	17.35	13.33	22.5
최댓값	8	19	12	25	64	128	84	161
최솟값	1	2	1	2	1	4	1	4

2) 북한산 국립공원

(1) 측정결과의 패턴분석

북한산 국립공원의 지다양성 측정 결과의 분포와 패턴을 분석하였다. 해당 지역의 경우 Richness Index에 속하는 측정 지수들 중에서도 수문 요소에 크게 영향을 받는 지수와 그렇지 않은 지수로 구분된다. 특히 T1의 경우 수문 요소를 크게 반영하여 하천의 위치를 따라서 지다양성이 높게 도출되었으며, T3 지수 역시 하천 위주로 지다양성이 높게 측정된 패턴을 나타낸다. 반면 T2와 T4 지수에 따른 결과에서는 수문 요소의 분포를 중심으로 높은 지다양성이 나타나는 뚜렷한 패턴을 찾을 수 없었다. T1과 T2에 따른 측정 결과를 비교했을 때 패턴이 크게 다르게 나타나는데, 두 측정지수 간 차이점은 측정 과정에서 활용한 지형 자료이다. T2 지수의 경우 지형 요소로 활용한 카테나 자료의 영향을 많이 받은 것으로 파악된다. 또한 다른 지역의 측정 결과와 비교했을 때 북한산 국립공원의 지다양성 측정 결과에서 파악한 특징은 동일한 자료를 활용한 상황에서 Richness Index와 Roughness Index에 의한 결과가 유사하다는 점이다. 즉 Roughness Index에서 활용되는 roughness value의 영향으로 측정 결과의 패턴이 크게 변화하지 않는다는 것을 의미한다. 북한산 국립공원에 대한 지다양성 측정 과정에서 사용한 자료는 <부록 4>에 첨부하였다.

(2) 측정지수 별 결과 분석

① T1

T1 측정지수에 따른 결과는 평균이 2.8이며 표준편차가 1, 최댓값이 8, 최솟값이 2이다. 히스토그램을 봤을 때 결과 값이 고르게 분포하지 않고 약 300개에 달하는 격자에 해당하는 지다양성 측정값이 3 이하의 값을 지닌다. T1의 최댓값인 8이 도출된 지점의 속성을 살펴보면 가장 많은 지형자원이 분포하고 있는 곳이다. 이 지점에는 수자원이 없고 지질자원과 토양자원도 각각 모두 1개씩 분포하고 있다는 점을 고려했을 때 다수의 지형자원 분포가 최종 결과 값이 최댓값으로 도출되는 데에 크게 기여한 것으로 판단된다. T1에 따른 지다양성 측정 결과, 전반적으로 지형

자원과 수문요소가 많거나 다양하게 분포하지 않고, 지질자원 또한 대부분의 지점에서 1의 값을 갖는다. 따라서 결과 값은 토양요소의 개수에 주로 영향을 받는다. 평균 이상의 결과 값을 보이는 지점은 지형자원이 집중되어 나타나는 곳이거나 토양자원이 다양하게 분포하고 있는 지점이 해당된다.

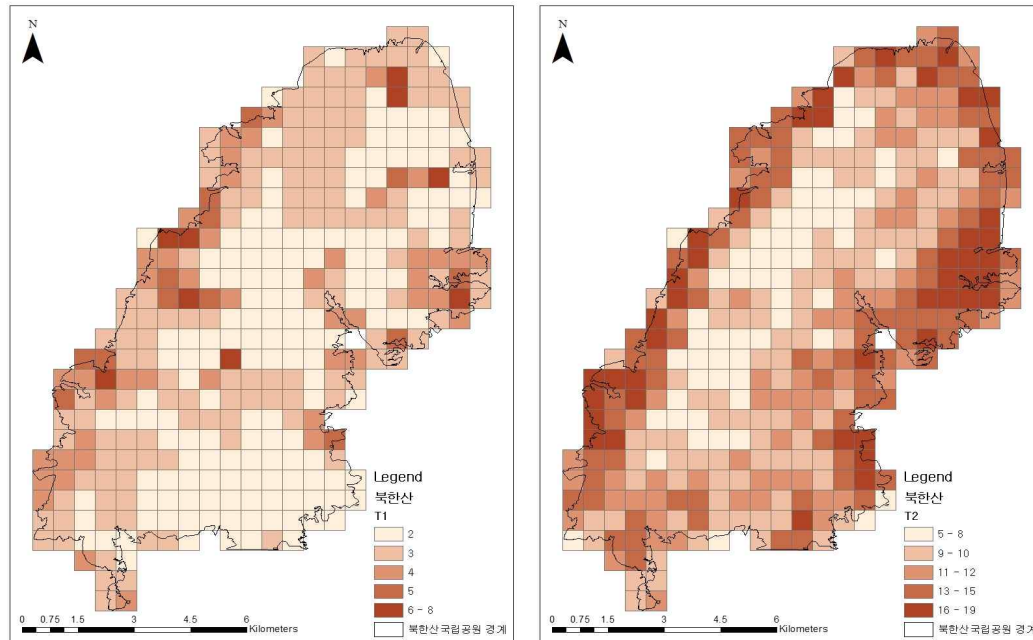


그림 4-9 북한산 국립공원 T1(좌) T2(우) 측정 결과

② T2

T2는 T1의 측정결과에 비해 값의 편차가 크지 않다. 평균은 11.4이며 표준편차가 3.06이고, 최댓값과 최솟값이 각각 19와 5로 나타난다. 최댓값과 최솟값이 상대적으로 높게 나타나는 것이 T2의 특징인데, 이는 지형자료로 활용된 카테나의 영향으로 판단된다. T2의 최댓값인 19점이 도출된 지점은 14점에 해당하는 최댓값의 카테나 요소가 분포하는 지점이다. 또한 이 지점은 제 3지류가 분포해 있어 2점의 수문 등급 값을 갖기 때문에 높은 지다양성 값이 도출되었다. 평균 이상의 값이 도출된 지점들은 대부분 카테나 값이 크거나 토양자원이 2개 이상 분포하고 있는 곳들이 해당된다.

③ T3

T3에 따른 결과는 T1과 유사한 패턴으로 측정값이 나타난다. 평균은 3.7, 표준편차가 1.92이며 최댓값이 12, 최솟값이 2로 나타난다. 총 360개의 측정 격자 중에서 200개 이상의 격자가 3점을 갖는다. 특이점은 12의 최댓값을 나타내는 지점의 속성을 봤을 때 가장 크게 영향을 주는 측정자료가 토양통 자료라는 점이다. 이 지점은 총 10개의 토양자원이 분포해 있어 매우 다양한 토양자원이 집중되어 있는 곳이며, 지질 자원도 2개가 존재한다. 지질자원과 토양자원의 분포를 비교했을 때 완전하게 비례하지는 않지만 전반적으로 2개의 지질자원이 존재하는 지점에서 토양자원 또한 다양하게 나타나는 경향이 있다. 따라서 T3의 측정방식에 따르면 북한산 국립공원의 지다양성은 상대적으로 다수의 지질자원과 토양자원이 분포해 있는 곳에서 높게 도출된다.

④ T4

T4에 의한 결과 값의 평균과 표준편차는 각각 12.3과 3.95이며 최댓값이 24, 최솟값이 5이다. T4는 T2 방식에 따른 결과와 유사하게 상대적으로 높은 최댓값과 최솟값을 지니며 결과 값이 고르게 분포하는 경향이 있다. T4의 최댓값인 24점이 도출된 지점의 속성은 13개의 카테나 요소와 10개의 토양 요소가 존재한다는 것이다. T4는 지질과 카테나, 토양의 분포에 따라 고르게 영향을 받는 것으로 판단되며, 이 때 상대적으로 수문요소의 개수는 결과 값에 크게 기여하지 않는다.

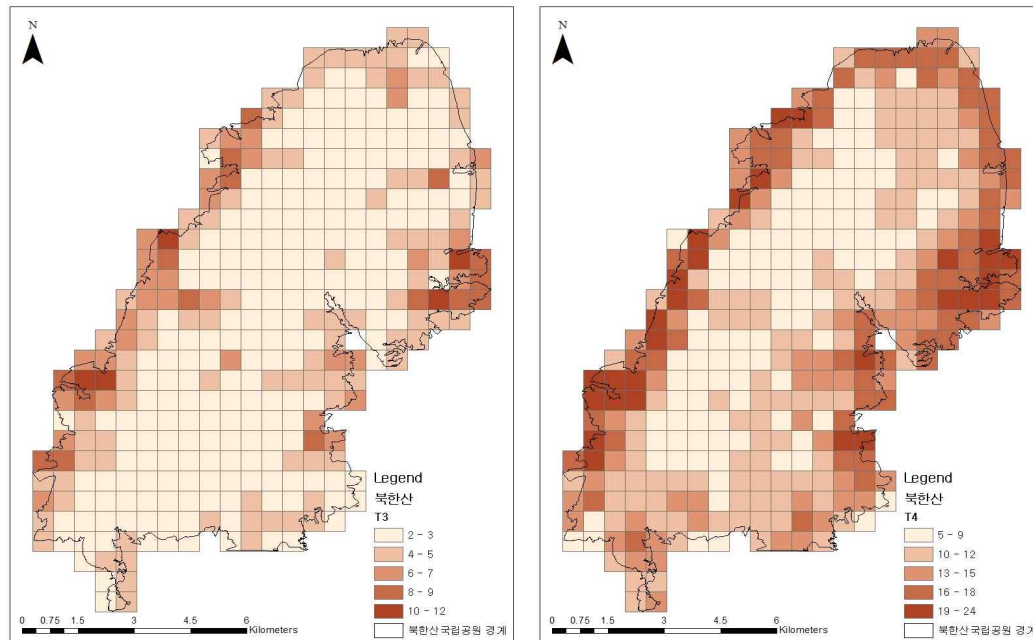


그림 4-10 북한산 국립공원 T3(좌) T4(우) 측정 결과

⑤ R1

Roughness Index를 활용한 지다양성 측정 과정에서 도출된 북한산 국립공원의 roughness value 분포를 살펴보면 평균이 6.2이며 표준편차가 0.85로 나타나는데, 다수의 지점에서 6~7의 값을 나타낸다. 이는 앞서 살펴보았던 변산반도 국립공원에서 나타나는 지형 기복과 유사한 수준이다. 이를 활용한 R1의 결과에 따르면 평균이 17.7이고 표준편차가 6.51이며 최댓값이 56, 최솟값이 3이다. 높은 수치의 최댓값이 도출되었는데, 이는 roughness value의 최댓값이 나타나는 지점과 일치하지는 않는다. 최종 결과 값이 56으로 도출된 지점의 roughness value는 7로 나타나며 반면 최댓값의 roughness value인 8에 해당하는 지점의 최종 값은 32점으로 이 두 격자 간의 차이가 크다. 따라서 R1의 결과는 해당 연구지역의 지형기복 패턴의 영향을 받는데, T1을 측정할 때 크게 기여하는 것으로 판단되었던 지형자원의 분포에도 주로 영향을 받는다.

⑥ R2

R2에 따른 결과 값의 통계적 수치는 상대적으로 높게 도출되었는데

평균과 표준편차가 각각 70.3과 18.2에 해당되며 최댓값이 119, 최솟값이 14이다. 히스토그램에 따르면 비교적 정규분포를 따르면서 고르게 측정값이 분포한다. 최댓값인 119점이 나타나는 두 지점의 속성을 확인한 결과, roughness value는 모두 7이었다. R2의 기반이 되는 T2의 속성을 함께 고려했을 때, R2 역시 해당 격자 내에 분포하고 있는 카테나 요소와 토양자원의 개수에 영향을 받는 것으로 판단된다.

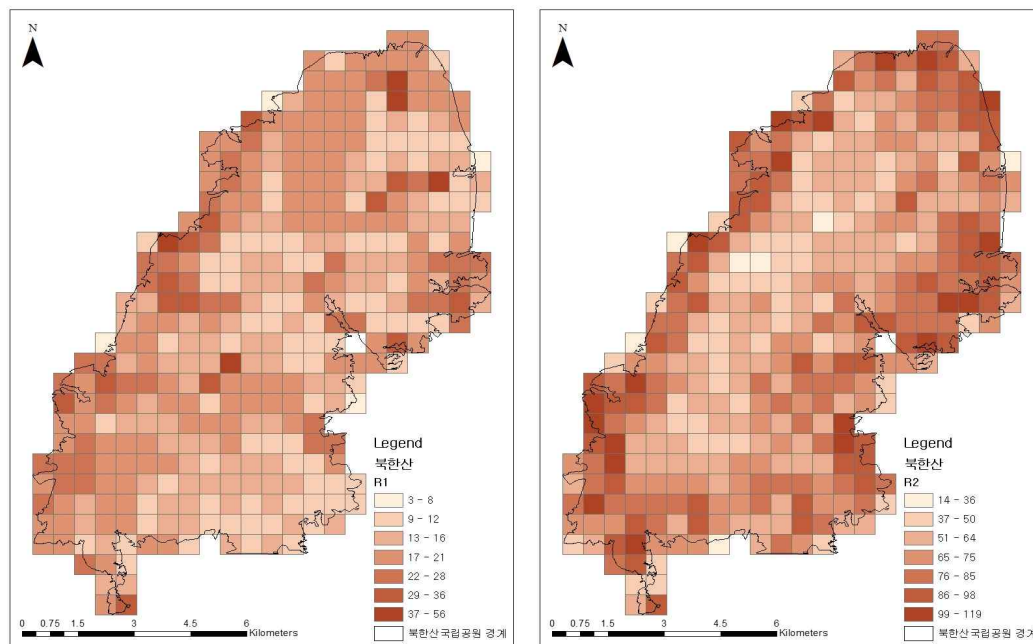


그림 4-11 북한산 국립공원 R1(좌) R2(우) 측정 결과

⑦ R3

R3에 따른 측정값의 평균은 22.6이며 표준편차가 11.4이고 최댓값이 84, 최솟값이 4이다. 히스토그램을 통해 측정값의 분포를 보면 총 360개의 격자 중에서 300개 이상의 격자에서 20~30점 사이의 값이 나타남을 알 수 있다. 특히 84점의 최댓값을 지나는 지점은 다음 순위의 값이 66점인 것을 고려하면 독보적으로 큰 값을 지닌다. 해당 지점의 속성에 따르면 roughness value가 7이고 2개 종류의 지질자원을 기반으로 10개의 다양한 토양 요소가 분포한다. 그 외의 다른 측정 자료가 지니는 값은 0이므로 지질과 토양, 지형기복의 정도가 함께 상호작용함으로써 높은 최댓값이 도출된 것으로 판단된다. 평균 이상의 결과 값이 나타나는 지점

들의 전반적인 특징은 주로 토양자원 분포의 영향을 받는다는 점이다.

⑧ R4

R4의 결과는 평균이 75.2이며 표준편차 값이 22.78, 최댓값과 최솟값이 각각 154와 15이다. 변산반도 국립공원을 대상으로 한 측정지수 별 결과 분석 때와 마찬가지로 R4에 따른 결과에서 최댓값이 가장 크다. 최댓값에 해당하는 154점이 도출된 지점은 2개 종류의 지질자원을 기반으로 10개의 토양자원이 분포한다. R4의 경우 지형기복의 정도와 토양자원의 분포가 평균 이상의 값을 지니는 지점에 대하여 지다양성 또한 높다.

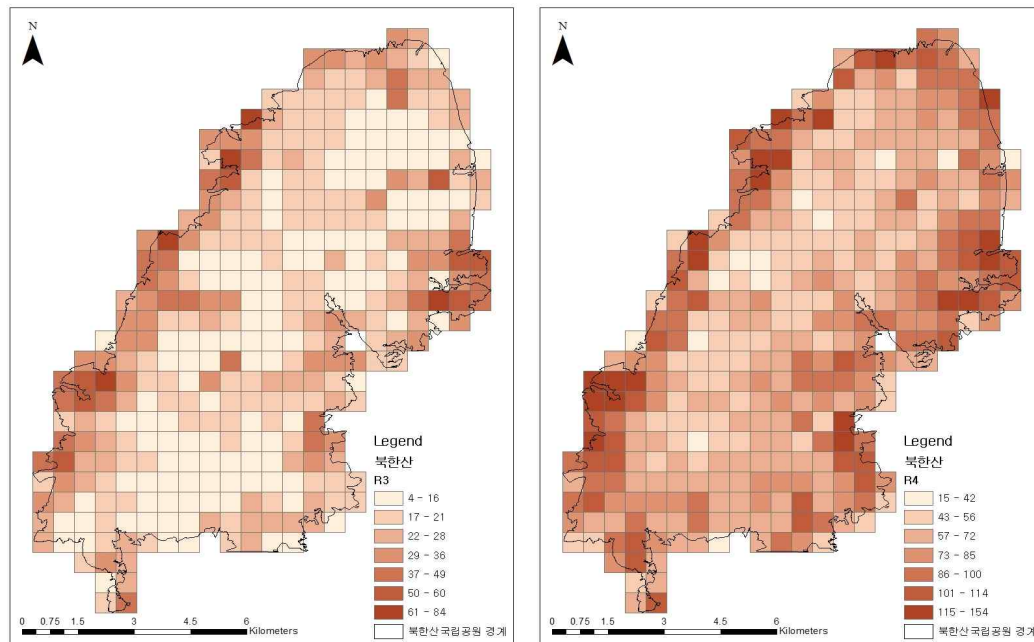


그림 4-12 북한산 국립공원 R3(좌) R4(우) 측정 결과

표 4-2 북한산국립공원 지다양성 측정지표별 통계 결과

(총 격자 수: 360 개)

	T1	T2	T3	T4	R1	R2	R3	R4
평균	3	11	4	12	18	70	23	75
표준편차	1	3.05	1.91	3.94	6.5	18.17	11.39	22.75
최댓값	8	19	12	24	56	119	84	154
최솟값	2	5	2	5	3	14	4	15

3) 치악산 국립공원

(1) 측정 결과의 패턴 분석

치악산 국립공원을 대상으로 분석한 지다양성 측정 결과를 살펴보았다. 연구지역 중에서 가장 다양한 종류의 지질자원이 분포하고 있기 때문에 각 측정지수에 따른 결과에서 대체적으로 지질요소의 영향을 받는다. 이는 여러 가지 종류의 지질 요소가 밀집해 있는 지점의 지다양성 측정결과가 대체로 높게 도출되는 패턴을 통해 알 수 있다. 각 측정지수에 따른 결과, 먼저 T1의 경우 지형자원과 수문요소의 영향을 받으며, T2는 카테나 자료의 영향으로 인해 복잡한 패턴이 나타난다. T3은 지질과 지형자원의 분포에 따라 T1과 유사한 패턴을 보이나, 지다양성이 높거나 낮은 지점들의 패턴이 좀 더 명확하게 구별된다. T4 역시 카테나의 영향으로 T2와 유사한 결과를 보이나 지다양성 측정결과 패턴이 뚜렷하게 구분된다. Roughness Index에 해당하는 지수들의 측정결과는 다른 사례지역들에 비해 복잡한 패턴을 보이는데, 이는 울퉁불퉁한 기복을 지니는 치악산의 특성이 반영됨에 따라 roughness value의 영향이 크게 작용했기 때문인 것으로 파악된다. 치악산 국립공원의 지다양성 측정 과정에서 사용한 자료는 <부록 5>에 첨부하였다.

(2) 측정지수 별 결과 분석

① T1

T1에 따른 지다양성 측정 결과의 평균이 3.4이며 표준편차가 1.24로 도출되었고, 최댓값은 8, 최솟값은 2이다. 전반적으로 3 이하의 작은 값의 분포가 우세하다. 평균 이상의 값을 보이는 지점들의 특성을 살펴보면, 먼저 최댓값인 8점이 도출된 지점이 총 4곳인데, 지질자원과 토양자원이 여러 개 분포해 있거나 5개의 지형자원이 밀집해 있는 지점이 해당된다. 지질자원의 종류가 다른 사례 지역에 비해 많기 때문에 보통 2개 이상의 지질요소가 분포하면 평균 이상의 T1 값을 갖는다. 또한 함께 측정되는 토양자원의 개수에 따라 최종 값이 정해진다. 뚜렷하게 여러 개의 지형자원이 밀집된 곳을 제외하면, 전반적인 결과 값 도출 과정에 있어서 지형자원과 수자원의 역할이 크지 않다. 따라서 다수의 지질자원과

그에 따른 다양한 토양 자원의 출현이 T1 값의 도출에 기여하는 것으로 판단된다.

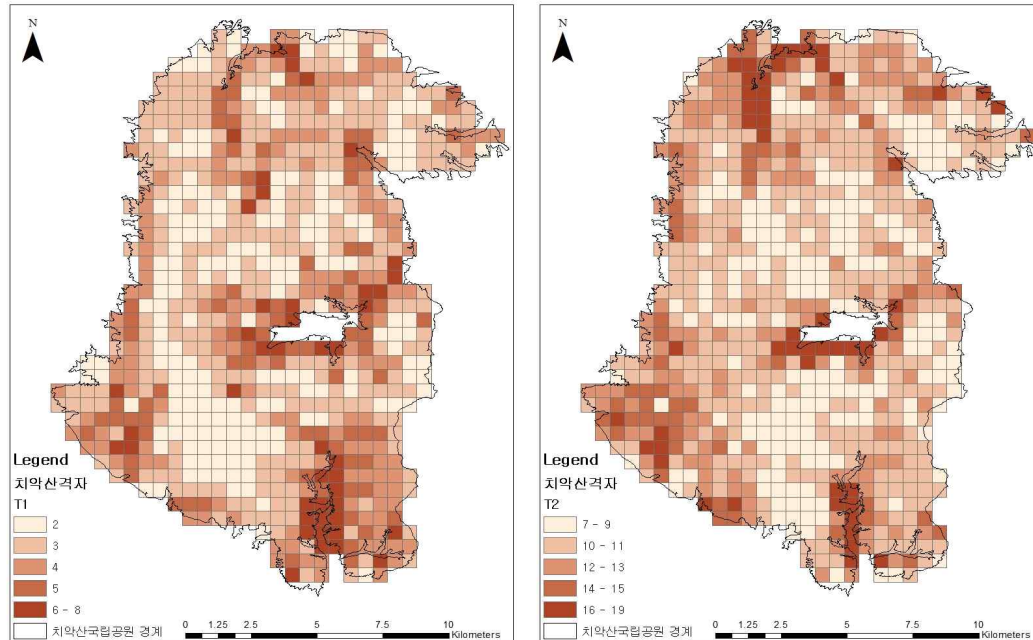


그림 4-13 치악산 국립공원 T1(좌) T2(우) 측정 결과

② T2

T2의 측정 결과는 평균값이 11.1이며 표준편차 값이 2.36으로 나타나고 최댓값이 19, 최솟값이 7이다. 10점 내외를 기준으로 비교적 고르게 최종 값이 분포한다. 한편 카테나 최대값 14를 갖는 지점은 총 734개 격자 중 단 4개 지점에 불과하며, 이 4개 지점이 모두 높은 값의 T2 점수를 나타내고 있지는 않다. T2의 최댓값 19점이 위치하는 지점은 2개로, 13개 요소의 카테나와 2개의 지질 자원, 4개의 토양 자원이 분포한다. 두 지점 모두 수자원은 존재하지 않는다. T2의 결과 값에 영향을 미치는 요소는 평균 이상의 값을 지니는 카테나도 포함되지만 지질 자원과 토양 자원이 다수 분포해 있어 절대적인 점수의 기반을 갖추고 있는 점이 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

③ T3

T3 측정방식에 따른 결과 값의 분포를 살펴보면, 평균이 3.9, 표준편차

가 1.8, 최댓값과 최솟값이 각각 13과 2이다. 300개 이상의 격자가 3의 값을 갖는다. 이 3의 값은 보통 지질 자원과 토양 요소에 따라 도출되는 결과이다. 최댓값이 도출된 지점은 2개의 지질 자원과 11개 종류의 토양 요소가 분포해 있는 곳이다. 치악산 국립공원의 경우 11개 토양 요소가 최댓값이므로 T3의 절댓값을 높이는 데에는 토양자원의 개수가 크게 기여한 것으로 판단된다. 평균 이상의 T3 값을 갖는 지점들은 지질자원과 토양자원의 영향을 받은 것으로 판단된다.

④ T4

T4 값은 치악산 국립공원 대상의 Richness Index들 중에서 상대적으로 높은 통계적 수치를 보여준다. 평균과 표준편차가 각각 11.7과 2.97로 나타나고 최댓값이 24, 최솟값이 7이다. 측정자료로 활용된 카테나와 토양통 자료의 영향으로 결과 값이 전반적으로 크게 도출된 것으로 파악된다. 최댓값이 24인 지점들은 13개의 카테나 요소와 10개의 토양 요소가 분포해 있는 곳이다. 전반적으로 평균 이상의 T4 값을 갖는 지점들은 카테나 값이 보통 7 이상으로 나타나는 것으로 보아, 카테나의 영향을 주로 받는 것으로 판단되며 지질자원과 다수의 토양자원이 기반이 된다.

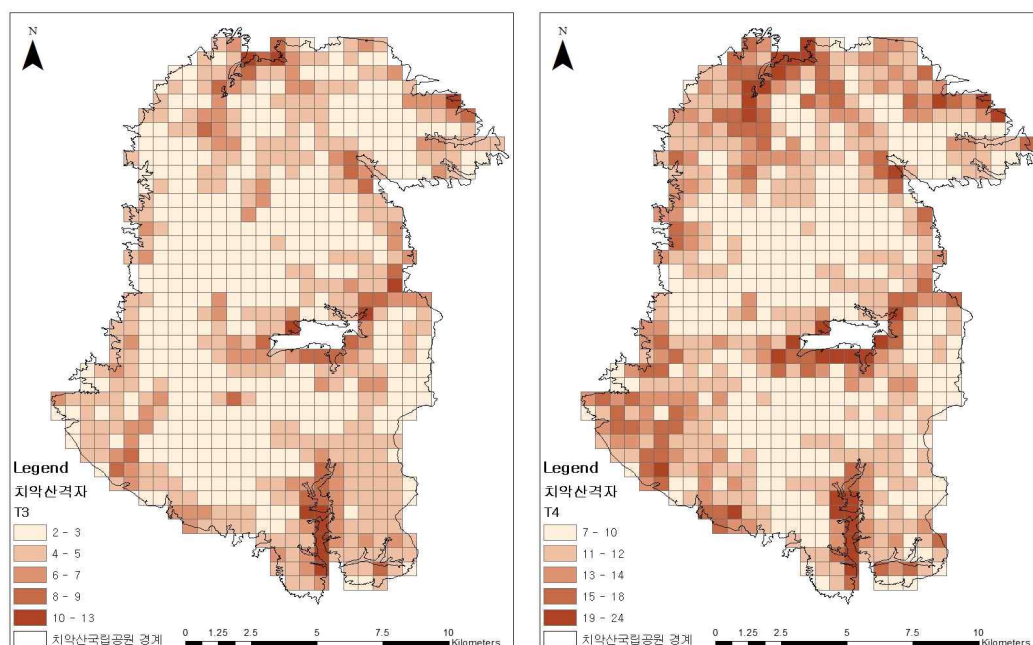


그림 4-14 치악산 국립공원 T3(좌) T4(우) 측정 결과

⑤ R1

R1 방식에 따른 지다양성 측정 결과, 평균과 표준편차가 각각 22.8과 8.6으로 나타나며 최댓값이 56이고 최솟값이 7이다. R1 결과 값의 분포가 특정 점수에 편중되어 있지는 않으나 대체적으로 30 이하의 값을 갖는 지점들이 다수이다. 최댓값이 도출된 지점은 총 734개 격자 중에서 6개 지점이 해당된다. 이 지점들은 모두 7점 이상의 roughness value와 T1 값이 나타난 곳들이다. 즉 다수의 지질 자원과 토양 자원을 기반으로 하는 지점에서 지형의 기복 또한 복잡하게 형성되어 있는 지점에서 최댓값이 도출된 것이다. 평균 이상의 R1 값을 갖는 지점들의 roughness value는 모두 6점 이상으로 나타나 R1 값의 증가에 기여한 것으로 판단된다.

⑥ R2

R2에 따른 측정 결과는 R1에 비해 전체적인 통계 수치가 높는데 평균이 75이며 표준편차가 17.12, 최댓값이 136, 최솟값이 16이다. 총 734개의 측정 격자 중에서 200개 이상의 지점에서 60에서 70점 사이의 값이 도출되었다. 최댓값이 도출된 지점은 지형기복의 정도가 최댓값인 8을 갖는다. 측정 자료의 기반이 되는 카테나와 토양 요소의 개수에 따라 높은 결과 값이 도출되며 치악산 국립공원은 전역에 여러 개의 지질 자원이 분포하고 있는 점 또한 최댓값 증가에 영향을 미치는 특징이다.

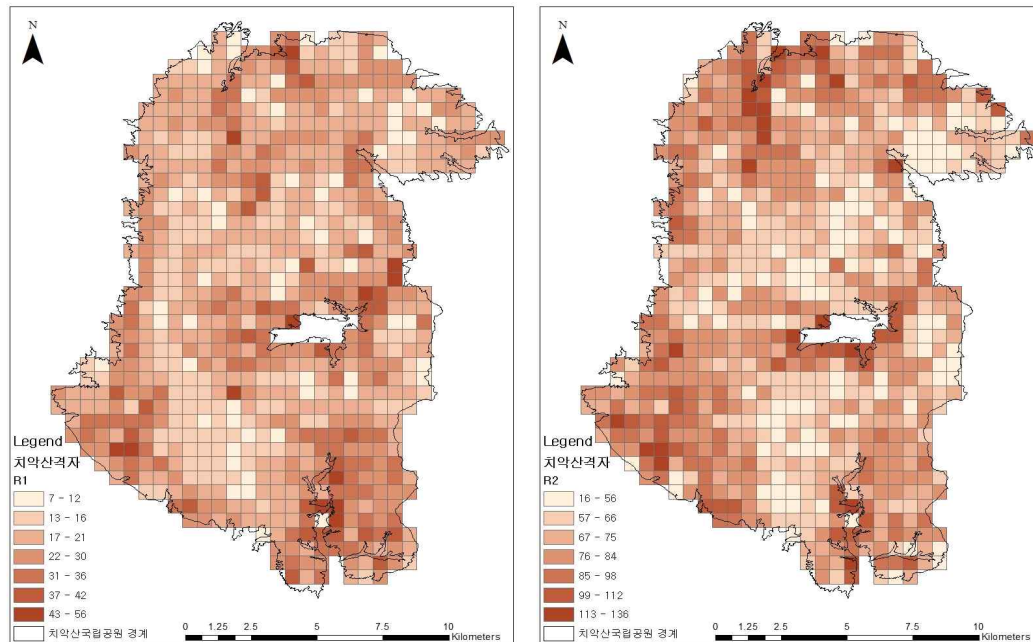


그림 4-15 치악산 국립공원 R1(좌) R2(우) 측정 결과

⑦ R3

R3에 따르면 평균은 26.4이며 표준편차가 12.1이고, 최댓값이 84, 최솟값이 11이다. 대부분의 격자에서 30 이하의 값이 도출되었다. 최댓값이 도출된 지점은 roughness value가 7이고 T3가 12점인 곳이다. 즉 지형 기복이 복잡하고, 10개 이상의 다양한 토양 자원이 분포하는 곳이다. 높은 값의 R3를 갖는 지점들에서는 대체로 다수의 토양자원이 분포하고 있으며 지형기복 또한 복잡하게 나타난다. 반면 평균 이하의 값이 도출된 지점들은 지형기복이 복잡하게 형성되어 있는 곳이라든가 토양자원의 분포 개수가 상대적으로 적은 곳들이다. 즉 R3 측정에 있어서는 지형 기복의 정도와 토양자원의 영향이 크게 작용하는 것으로 판단된다.

⑧ R4

R4에 따른 지다양성 측정값은 평균과 표준편차가 각각 78.7과 20.53이며 최댓값이 168, 최솟값이 20이다. 최댓값이 도출된 지점은 7점의 roughness value를 기반으로 하며 다수의 카테나 요소와 토양 자원이 분포해 있다. 특히 지형기복의 정도, 카테나 요소와 관련하여 수치들의

편차가 크지 않은 반면 토양 요소 개수의 편차는 크다. 예를 들면 R4에 따라 상위권에 위치해 있는 지점들의 속성을 봤을 때 토양 요소가 10개 인 지점도 있지만 2개밖에 없는 경우도 있다. 따라서 R4로 지다양성을 측정하는 과정에서는 지형기복의 정도와 카테나의 영향이 주로 작용한 것으로 판단된다. 따라서 또 다른 특징은 R4 값이 평균 이하인 지점들에서는 카테나 요소가 7개 이하인 경향이 강하다.

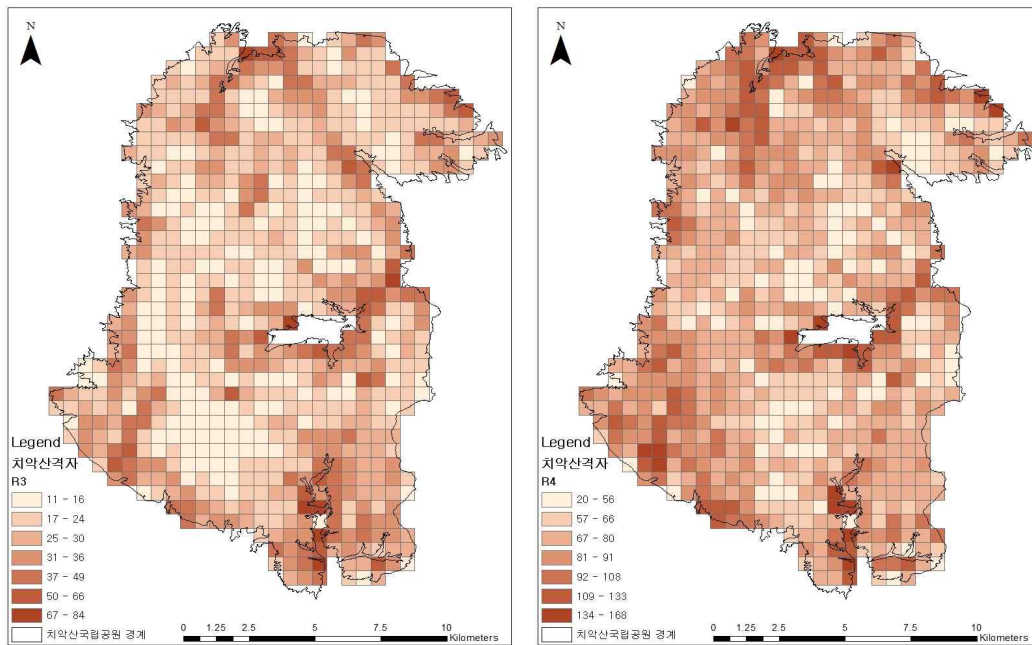


그림 4-16 치악산 국립공원 R3(좌) R4(우) 측정 결과

표 4-3 치악산 국립공원의 측정지표별 통계 결과

(총 격자 수: 734 개)

	T1	T2	T3	T4	R1	R2	R3	R4
평균	3.4	11.1	3.9	11.7	22.8	75	26.4	78.7
표준편차	1.24	2.36	1.8	2.96	8.64	17.1	12.09	20.52
최댓값	8	19	13	24	56	136	84	168
최솟값	2	7	2	7	7	16	11	20

2. 측정지표 비교평가

본 논문에서 활용한 지다양성 측정지표의 특성을 파악하고자 측정방식과 구성요소에 따라 다르게 나타나는 측정결과를 분석함으로써 각 방식과 구성요소들의 영향, 역할을 고찰하였다.

1) 측정방식에 따른 결과의 차이

본 논문에서 활용한 지다양성 측정방식은 크게 두 가지로, Richness Index와 Roughness Index를 기반으로 하며, 이를 토대로 측정 자료를 다르게 구성하여 지다양성을 도출하였다. 방식에 따른 측정결과와 특징과 차이점을 파악하기 위해 구성요소는 같지만 측정방식을 다르게 한 지표를 서로 비교해보았다.

(1) T1과 R1

세 개의 국립공원을 대상으로 T1의 방식으로 지다양성을 측정한 결과, 모두 3점대의 평균이 도출되었으며, 최댓값은 8점으로 동일하다. 최댓값에 영향을 미치는 측정 자료는 공통적으로 지형자원의 비중이 큰 것으로 파악된다. 전반적인 측정 과정에서는 주로 토양 요소와 지형자원의 분포에 대한 영향을 받는다. 다른 두 지역에 비하여 상대적으로 다양한 지질 자원이 분포해 있는 치악산 국립공원의 경우, 지질 자원 분포가 미치는 영향이 크게 작용한다. 다른 측정지수들에 비해 T1 지수는 지형자원의 영향으로 다양성의 격차가 크게 나타난다.

T1을 기반으로 측정하는 Roughness Index인 R1에 대한 결과에서는 roughness value의 영향이 크게 작용한다. R1에 따른 결과는 T1과 유사하게 지형자원의 영향을 받는다. 치악산 국립공원의 경우에는 해당 지역의 환경적 특성에 따라 지형자원의 분포보다는 지질자원과 토양자원에 의해 다양성의 격차가 발생하는 패턴을 보인다.

(2) T2와 R2

세 개의 연구지역에 대하여 T2에 따른 결과 값은 9점에서 11점 내외의 평균을 지니며 최댓값이 19점으로 동일하다. 최댓값 도출에 기여하는

측정 자료는 카테나로 판단된다. T1에 비하여 T2 방식에 따르면 최종 결과 값의 점수대가 높다는 점이 특징이다.

R2의 평균은 70점대 내외로 높게 도출되며 최댓값 역시 세 개 연구지역에서 모두 100점 이상이다. 각 측정 격자에서 도출되는 roughness value와 카테나 요소의 개수가 지다양성 도출 결과 값에 영향력을 미치는 경향이 있다.

(3) T3와 R3

T3의 평균값은 4점대 내외이며 최댓값은 12점대 내외로 나타나는데, 이 때 최대값에 영향을 미치는 자료로는 토양자원의 분포가 대표적이다. 토양자원의 영향력을 기반으로 수문 또는 지질자원에 따라 다양성의 격차가 조성되는 경향을 파악하였다. 지다양성 측정 과정에서 제3차 전국 자연환경조사를 통해 구축된 지형자원의 분포 자료가 활용되었는데, 이 자료의 영향을 크게 받았던 T1 지수와 달리 T3 지수에서는 지형자원의 영향이 다소 미미하다. 지형자원보다 토양과 지질, 수문 요소들의 역할이 더욱 크게 작용하였다는 점이 T3의 특징이다.

R3에 따르면 20~30점대의 평균을 보이며 최댓값이 84점으로 모두 동일하다. 최댓값을 갖는 지점들에서는 roughness value, 토양, 지질 요소의 영향을 받아 큰 값이 도출된 것으로 파악된다.

(4) T4와 R4

T4를 활용하여 도출된 지다양성 측정 결과의 평균은 11점 이상이며 최댓값이 24점 내외인데, 이 때 카테나, 토양 요소의 분포에 큰 영향을 받는다. 예외적으로 다른 연구지역에 비해 치악산 국립공원을 구성하는 지질자원이 다양하기 때문에 지질 요소의 개수 역시 결과 값이 도출되는 데에 기여한다.

R4의 평균은 모든 측정지수 중에서 가장 큰 수치인 70점대 이상이며, 최댓값 역시 150점 이상으로 크다. 이러한 큰 값의 수치가 도출되는 데에는 큰 값의 카테나 및 토양자원의 개수, 그리고 roughness value가 함께 작용한 결과이다.

이처럼 동일한 구성요소에 상이한 측정방식을 적용한 지다양성 측정 결과의 특성을 파악해본 결과, 가장 큰 차이점은 roughness value 적용의 유무이다. 각 측정격자에 대하여 1점에서 최대 8점까지로 도출된 roughness value 값이 적용됨에 따라 지다양성 측정 결과의 절대적인 수치 증가에 영향을 미친다. 아래의 <그림 4-7>은 각 지표에 따른 지다양성 측정 결과의 평균을 보여준다. Roughness Index에 해당하는 지표에 따른 결과 값은 Richness Index 결과 값에 평균적으로 7점 정도의 Roughness value가 곱해진 값의 추세를 보인다.

두 가지 측정방식의 차이점을 규명하기 위해 지다양성을 측정할 때 roughness value가 미치는 영향력을 파악하여 그 의미를 도출해야 할 필요성을 확인하였다. 따라서 각 사례지역에서 큰 값의 roughness value가 도출된 지점들의 분포 상 특징을 파악해보았다. roughness value는 개념적으로 500m×500m로 이루어진 각 격자에서 경사도의 높고 낮음의 정도가 얼마나 복잡하게 나타나는지를 값으로서 표현해줄 수 있다. 즉 이 값이 클수록 해당 격자의 지표면의 경사도 변화가 심하게 나타나는 곳을 의미한다고 볼 수 있다. 본 연구의 사례지역 중 치악산 국립공원에서 roughness value의 특징이 가장 명확하게 나타났다. 다른 지역에 비해 7점 이상의 값을 지니는 지점들이 전체 격자의 절반 이상이다. 치악산 국립공원은 지형의 기복이 복잡한 지역이므로 이러한 특징이 반영되어 roughness value가 전역에 걸쳐 높게 도출된 것으로 판단된다.

지다양성 측정에 있어서 이론적으로 지형의 기복이 복잡하게 나타날수록 지형 형성 작용이 활발하게 발생할 수 있는 환경을 조성하기 때문에 지다양성 높다고 평가할 수 있다. 따라서 roughness value는 높은 지다양성 도출에 기여할 수 있는 잠재력을 지니는 지점을 파악할 수 있게 한다. 지형, 지질, 토양, 수문 등 다른 구성요소들의 분포와 결합하면 그 효과가 더 크게 발휘된다. 결과적으로 roughness value를 활용하는 측정지표는 지형 형성 작용의 가능성을 평가할 수 있다는 점에서 이론적인 의미를 지니지만, 실제로 이를 반영하는지에 대해서는 추가 연구가 필요하다. 현재는 큰 값의 roughness value가 도출된 지점에서 실제로 다양한 지형이 발달하고 경관이 형성될 수 있는지를 파악하기에 한계가 있다.

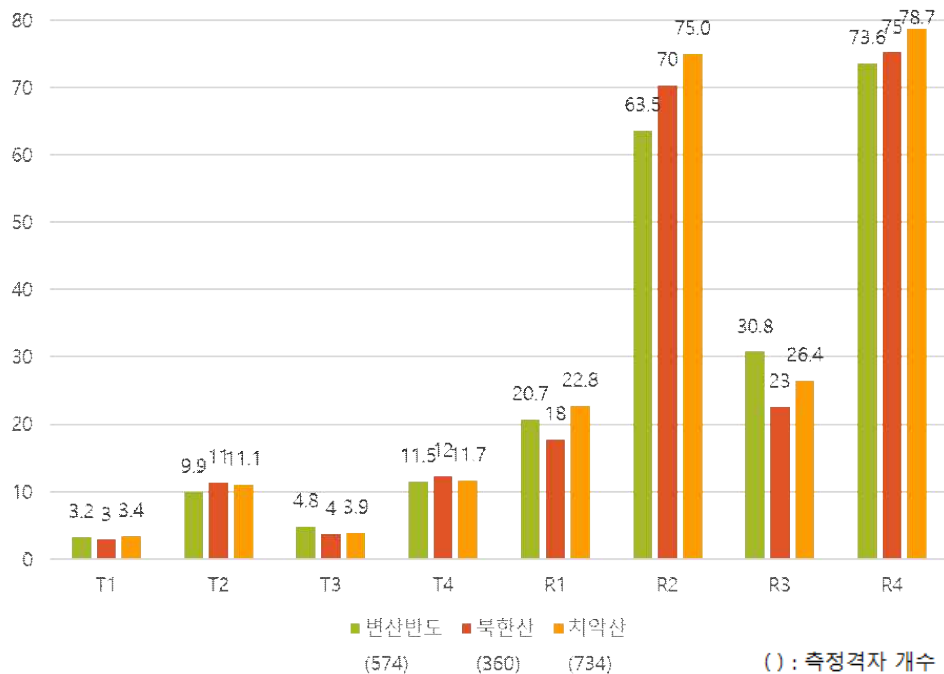


그림 4-17 지표별 Geodiversity 측정 결과의 평균 비교

2) 구성요소에 따른 차이점

본 논문에서는 지다양성 측정을 위한 구성요소로 지형, 지질, 토양, 수문에 대한 요소의 분포를 나타내는 자료를 활용하였다. 그 중 지질과 수문 자료는 한 가지 종류의 자료를 동일하게 모든 지표에 적용하였지만, 지형과 토양 자료로는 각각 두 가지 자료를 활용하여 지표에 따라 다르게 적용하였다. 그 이유는 지질, 수문 자료는 저자의 예상대로 구축된 자료이지만 지형 자료는 그렇지 않으며, 토양 자료는 목적 및 활용에 따라 토양 분류가 상이하여 적합한 자료를 선정할 수 없는 관계로 모두 활용하여 측정결과를 비교해보는 과정이 필요하다고 판단하였다. 특히 지형 자료는 지형 유형과 각 유형에 해당하는 요소를 보여주는 면 자료를 원하였으나 현재 국내에서 이와 같은 지형자료는 마련되어 있지 않다. 그 대신 전국자연환경조사를 통해 지형자원의 분포를 파악하고 그 위치를 점, 선, 면으로 나타낸 자료로 제3차 전국자연환경조사 결과의 지형자원 현황도를 활용하였다. 연구지역 전반에 걸친 지형 자료의 대체재로서 카

테나 지형분류기법에 따라 구축한 지형분류결과를 활용하여 결과를 비교해보았다.

지형자원현황도를 활용하여 지다양성을 측정한 결과와 카테나 지형분류결과를 활용한 측정결과는 그 분포에 있어서 매우 다른 패턴을 보인다. 지형자원 현황도는 연구지역 내에 조사된 지형자원이 분포할 때에만 그 위치와 개수를 측정 격자로서 표현할 수 있다. 반면, 카테나 결과는 해당 지역 전역에 걸쳐 결과를 도출하여 각 격자 내에 몇 가지의 지형분류가 분포하는지를 파악할 수 있다. 이 두 자료는 서로 개연성이 없기 때문에 그 분포 역시 매우 다르다.

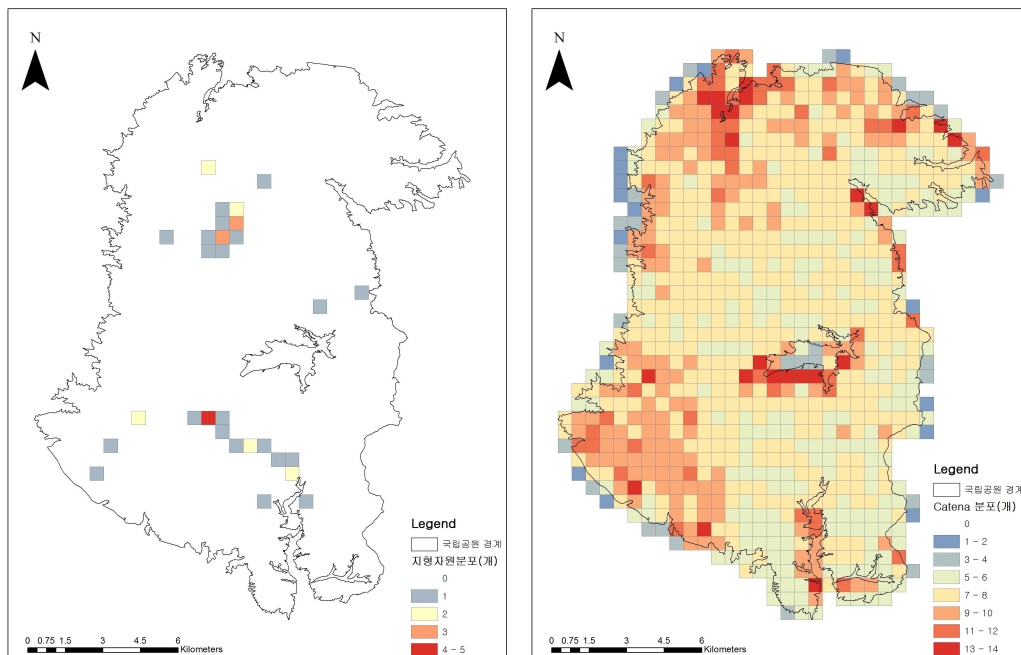


그림 4-18 지형현황도 활용결과(좌)와 카테나 활용결과(우) 예시

본 논문에서 활용한 토양 자료는 토양목과 토양통에 따라 분류를 다르게 한 것으로, 토양통 분류가 토양목에 비해 상세한 분류이다. 따라서 토양통 자료를 활용한 측정결과의 절대적 수치가 더 높게 도출된다. 하지만 그 분포에 있어서 패턴의 차이가 크게 나타나지는 않는 모습을 확인하였다.

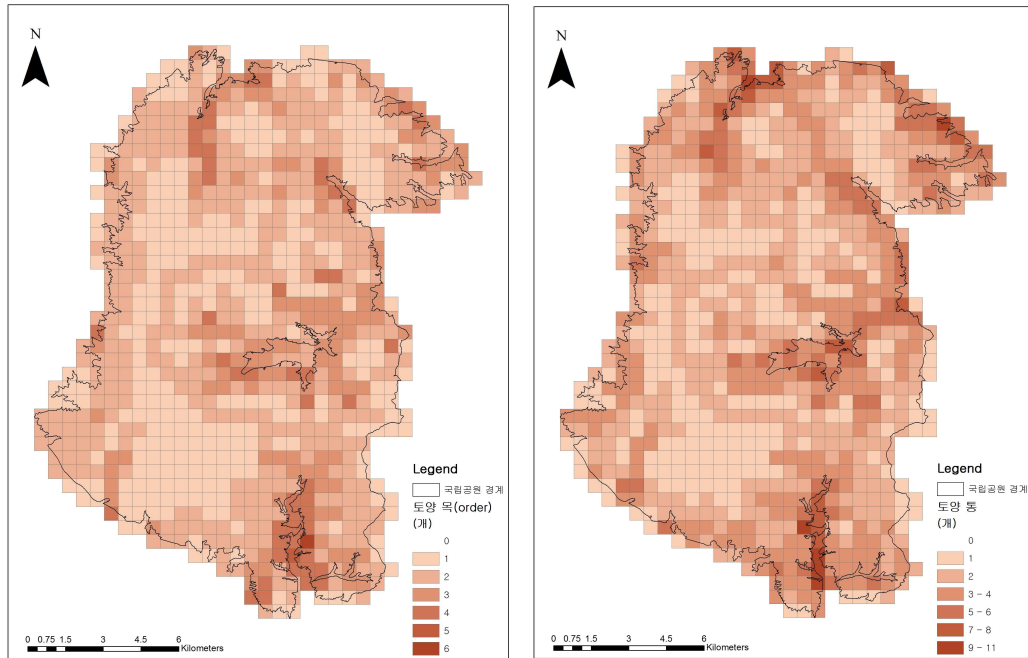


그림 4-19 토양 목 적용결과(좌)와 토양 통 적용결과(우) 예시

3. 소결

세 개의 사례지역을 대상으로 지다양성을 측정된 결과를 토대로 하여 각 측정지표의 특성을 살펴보았다. 측정결과는 각 측정지표의 대상이 된 구성요소의 영향을 많이 받는 것을 확인하였다. 따라서 측정 대상 지역에 해당되는 지형, 지질, 토양, 수문 요소들의 종류가 다양할수록 지다양성 측정 값 역시 높게 도출되었다.

지다양성 측정과정에서 지형 요소와 토양 요소를 적용할 때 자료의 종류를 다르게 하였기 때문에 이에 따른 특징을 분석하였다. 지형 부문의 자료로 활용한 전국자연환경조사 자료와 카테나 지형분류기법에 따른 자료는 매우 다른 패턴을 보이는 것을 확인하였다. 가장 큰 차이점은 전국자연환경조사 자료는 사례지역 전역으로 구축되어 있지 않다는 점이다. 또한 카테나 지형분류기법은 DEM 자료를 기반으로 독자적인 알고리즘에 따라 지형단위가 분류되는 반면, 전국자연환경조사는 조사자에 의해 지형자원의 위치가 조사된 것이므로 두 자료 간의 개연성이 없어 패턴이

다르게 나타나는 것으로 판단된다.

이와 같이 상이한 방식과 구성요소를 적용함으로써 지다양성 측정 결과 역시 각 측정지표에 따라 다른 패턴으로 나타나는 모습을 확인하였다. 그 중에서 어떠한 방식을 적용하고 요소를 구성하는 것이 적합한지를 평가하려면 측정결과만을 비교·평가하는 작업으로는 부족하다. 따라서 본 논문에서는 측정지표를 판단하기 위해 경관인식 설문조사를 시행하여 상관관계를 분석하였으며, 이에 대한 결과를 다음 절에서 설명하였다.

제 2 절 현장조사 및 설문조사 결과

1. 현장조사 및 설문조사 결과

(1) 변산반도 국립공원

변산반도 국립공원의 지다양성 측정 결과에 따라 높게 도출된 지점과 낮게 도출된 지점을 각각 20개 지점씩 선정하였다. 총 40개 지점의 현장을 답사하여 해당 지점의 경관을 담아낼 수 있도록 사진을 촬영하였다. 각 지점의 사진을 통해 경관인식 설문조사를 진행함으로써 지다양성 측정결과와 사람들이 경관을 인식하는 경향 간에 어떠한 관계가 있는지를 살펴보고, 그 경관 인식을 반영하는 적합한 지다양성 지수는 무엇인지를 분석하는 데에 설문조사 결과를 활용하였다.

지다양성이 높은 지점은 공원 내에 위치한 부안호와 계곡을 중심으로 주변 일대에 위치한다는 공통점이 있는 반면, 지다양성이 낮은 지점은 산재해 있다. 변산반도 국립공원에 대한 전반적인 설문 결과에서 평가 항목 중 조화성의 비중이 높다. 특히 지다양성이 높은 지점에 대한 심미성, 조화성 항목이 높은 점수를 기록했다.

표 4-4 변산반도 국립공원 경관인식설문조사 결과 통계

		회소성	심미성	조화성	경관다양성	경관변화 감상가치
지다양성 높은 지점*	평균	3.5	3.7	3.7	3.6	3.4
	표준편차	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
	최대값	4.3	4.6	4.7	4.4	4.4
	최소값	2.8	2.3	2.4	2.3	2.3
지다양성 낮은 지점*	평균	2.7	2.8	2.9	2.8	2.8
	표준편차	0.9	0.9	1	0.9	1
	최대값	3.7	3.7	3.8	3.5	3.7
	최소값	1.9	2	2.1	2	1.9

*표시한 두 집단 간 평균의 차이가 통계적 유의수준 0.05 이하를 나타냄

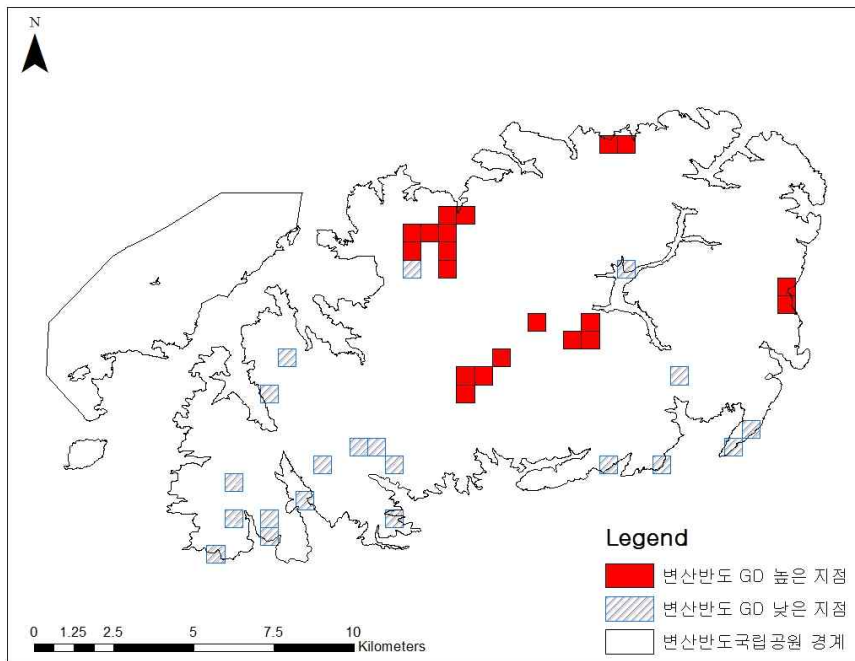


그림 4-20 변산반도 국립공원 현장조사 지점

(2) 북한산 국립공원

북한산 국립공원의 경우 지다양성이 높게 도출된 지점을 토대로 현장 조사를 시행한 결과, 다양한 식생이 분포하거나 계곡이 분포해 있는 곳이었다. 이 지점들은 ‘북한산 둘레길’로 구성되어 있는 구간에 해당되는 경우가 많았다. 반면 낮은 지다양성을 보이는 지점들은 경관이 단순하거나 주택가 주변이었다. 경관인식 설문조사 결과, 북한산 둘레길에 해당하는 지다양성이 높은 지점에서는 다양한 식생을 볼 수 있고 탐방로가 깔끔하게 구성되어 있다. 북한산 국립공원에 대한 설문조사에 따르면 평가 항목 중에서 희소성의 비중이 높아, 희소성 항목의 점수가 높을수록 총합 점수도 증가하였다.

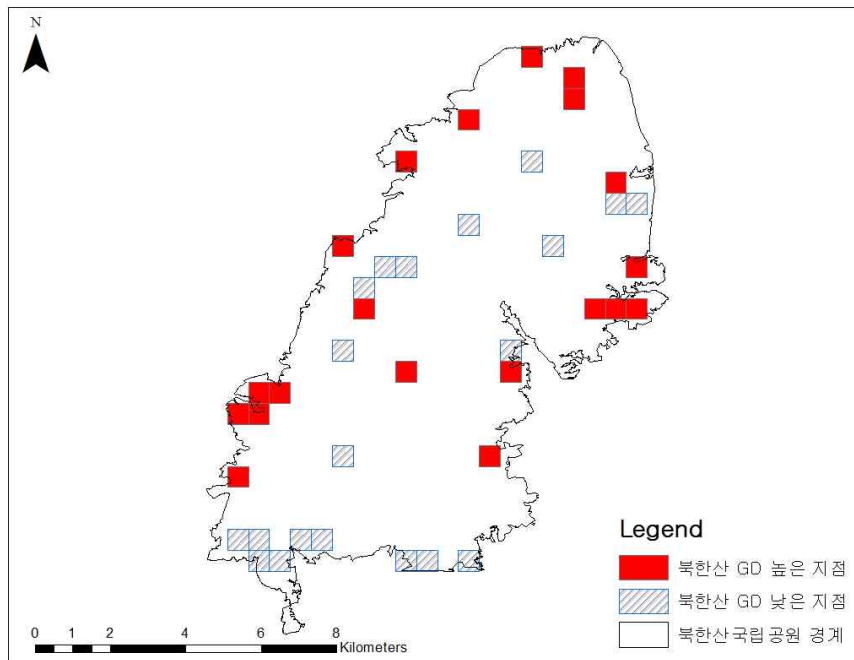


그림 4-21 북한산 국립공원 현장조사 지점

표 4-5 북한산 국립공원 경관인식설문조사 결과 통계

		회소성	심미성	조화성	경관다양성	경관변화 감상가치
지다양성 높은 지점*	평균	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2
	표준편차	0.9	1	1	0.9	1
	최댓값	3.9	4.2	4	3.9	3.9
	최솟값	2.8	2.9	2.8	2.7	2.7
지다양성 낮은 지점*	평균	2.6	2.6	2.8	2.5	2.6
	표준편차	1	1	1	1	1.1
	최댓값	3.2	3.1	3.4	3.1	2.9
	최솟값	2.2	1.8	2	2.1	2.1

*표시한 두 집단 간 평균의 차이가 통계적 유의수준 0.05 이하를 나타냄

(3) 치악산 국립공원

치악산 국립공원에서 지다양성 높게 측정된 지점은 계곡을 따라서 분포해 있는 반면 낮은 지점에서는 마을이 형성되어 있었다. 따라서 경관인식 설문조사에서 계곡이 있거나 산지경관과 수경관이 어우러진 곳, 수려한 산세를 볼 수 있는 지점에서 따라서 심미성, 조화성의 점수가 높았다. 반면 마을의 형성으로 토지이용이 이루어지고 있는 지점에 대한 경관평가 점수는 낮다. 치악산 국립공원의 경관인식 설문조사 결과에 따르면 평가항목 중에서 조화성의 비중이 높다.

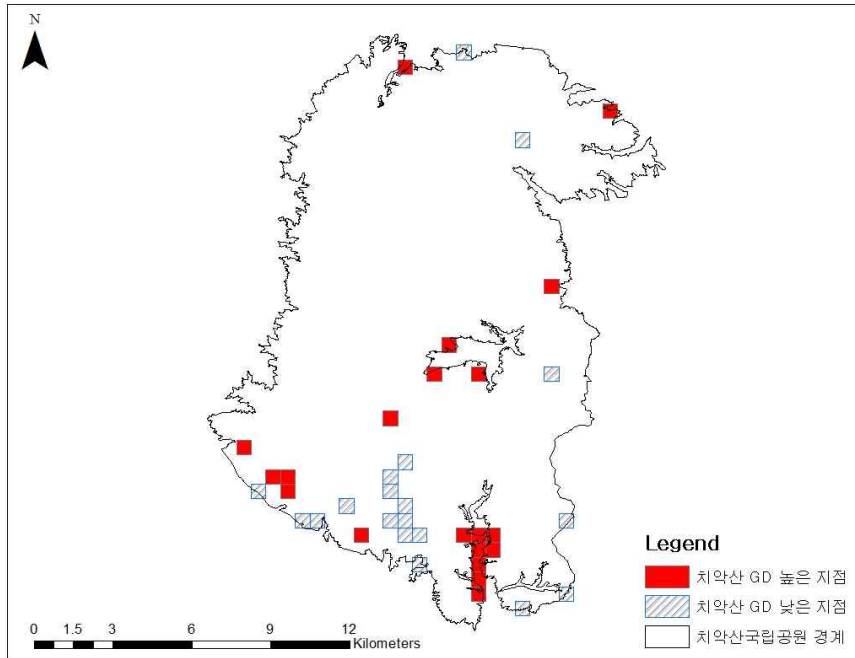


그림 4-22 치악산 국립공원 현장조사 지점

표 4-6 치악산 국립공원 경관인식설문조사 결과 통계

		회소성	심미성	조화성	경관다양성	경관변화 감상가치
지다양성 높은 지점*	평균	2.7	2.9	3	2.8	2.8
	표준편차	0.9	0.9	1	1	1
	최댓값	3.6	3.9	3.9	3.7	3.6
	최솟값	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3
지다양성 낮은 지점*	평균	2.2	2.1	2.2	2.3	2.2
	표준편차	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
	최댓값	2.5	2.6	2.7	2.7	2.6
	최솟값	1.8	1.7	1.6	1.8	1.9

*표시한 두 집단 간 평균의 차이가 통계적 유의수준 0.05 이하를 나타냄

각 사례지역에 대해 40개 지점씩 총 120개 지점에 대한 경관인식 설문조사 결과를 살펴보았을 때, 전반적으로 높은 지다양성 값을 지니는 지점에 대한 경관평가 점수가 역시 높게 도출되었다. 또한 지다양성이 높은 지점과 낮은 지점으로 구분했을 때, 각각에 해당하는 지점의 경관평가 점수도 유의미하게 구분되었다. 따라서 일반적으로 사람들이 긍정적으로 인식하는 경관이 형성되어 있는 지점이 지다양성도 높게 나타난다는 결과를 알 수 있었다. 지다양성 값도 높으면서 경관평가 점수도 높게 도출된 지점들의 특징은 수려한 자연경관이 형성되어 있다는 점이다.

2. Geodiversity 측정지표별 결과와 설문조사 결과 비교

앞서 진행한 분석에서는 총 120개 지점에 대한 현장조사와 설문조사 결과를 제시하였는데, 설문조사 결과와 지다양성 지표별 측정결과 간의 관계를 보다 심층적으로 고찰하고자 대상 지점을 총 45개로 축소하고 설문대상 표본 수를 늘려서 추가 설문조사를 시행하였다. 문항을 45개로 줄인 이유는 기존에 설문조사를 시행했을 때 문항이 너무 많아서 각 지점의 경관을 구분하기가 어려웠다는 의견을 반영하기 위함이다. 지다양성이 높거나 낮은 지점을 모두 고려하여 1개의 사례지역 당 15개 지점을 선정하여 3개의 사례지역에 대한 문항을 총 45개로 구성하였다. 두 번의 설문조사 결과를 종합하여 도출한 45개 지점에 대한 경관평가 점수를 동일 지점에 대한 각 지표별 지다양성 점수와 비교하여 상관분석을 진행하였다.

상관관계 분석 결과, 120개 지점에 대한 결과와 유사하게 지다양성 결과 값이 높은 지점에 대한 경관평가 점수가 지다양성이 낮은 지점보다 높았다. 하지만 이러한 선형 추세는 측정지표에 따라 큰 차이가 있다.

모든 설문항목에 대하여 T3 지표에 따른 결과와의 상관관계가 상대적으로 명확한 선형관계가 나타났으며, 이 때 상관성의 정도를 의미하는 결정계수는 모두 0.4 이상의 값을 지닌다(결정계수가 1에 가까울수록 상

관성이 높음). 이 때 선형관계가 비교적 명확하다는 의미는 경관평가 점수가 낮은 곳에서는 지다양성 측정값도 낮으며, 평가가 높은 곳에서는 측정값 역시 높다는 것이다. 가장 큰 결정계수 값을 지니는 T3 지표를 비롯하여 T1, R1, R3 지표와도 0.3 이상의 결정계수를 보이면서 선형관계를 지닌다. 이처럼 사람들의 경관인식 관점과 높은 상관성을 보이는 측정지표들의 공통점을 파악해보면, 측정과정에서 지형 부문 구성요소로 전국자연환경조사 자료를 적용한 지표라는 점이다. 따라서 지형자원분포 현황 자료를 활용하여 지다양성을 측정했을 때 사람들의 경관인식 관점을 반영할 수 있는 것으로 판단된다.

명확한 선형관계를 보이는 지점들 중에서도 1에 가까운 아주 높은 상관성을 지니는 지점들의 특징을 확인해보았다. 숲이 울창하거나 물이 흐르는 곳, 높은 산봉우리가 있는 곳, 탁 트인 곳 등 수려한 자연경관이 형성되어 있는 지점들이 해당되었다. 이러한 경관이 나타나는 지점은 좋은 평가를 받았으며, 지다양성도 다양한 곳으로 측정되었다.

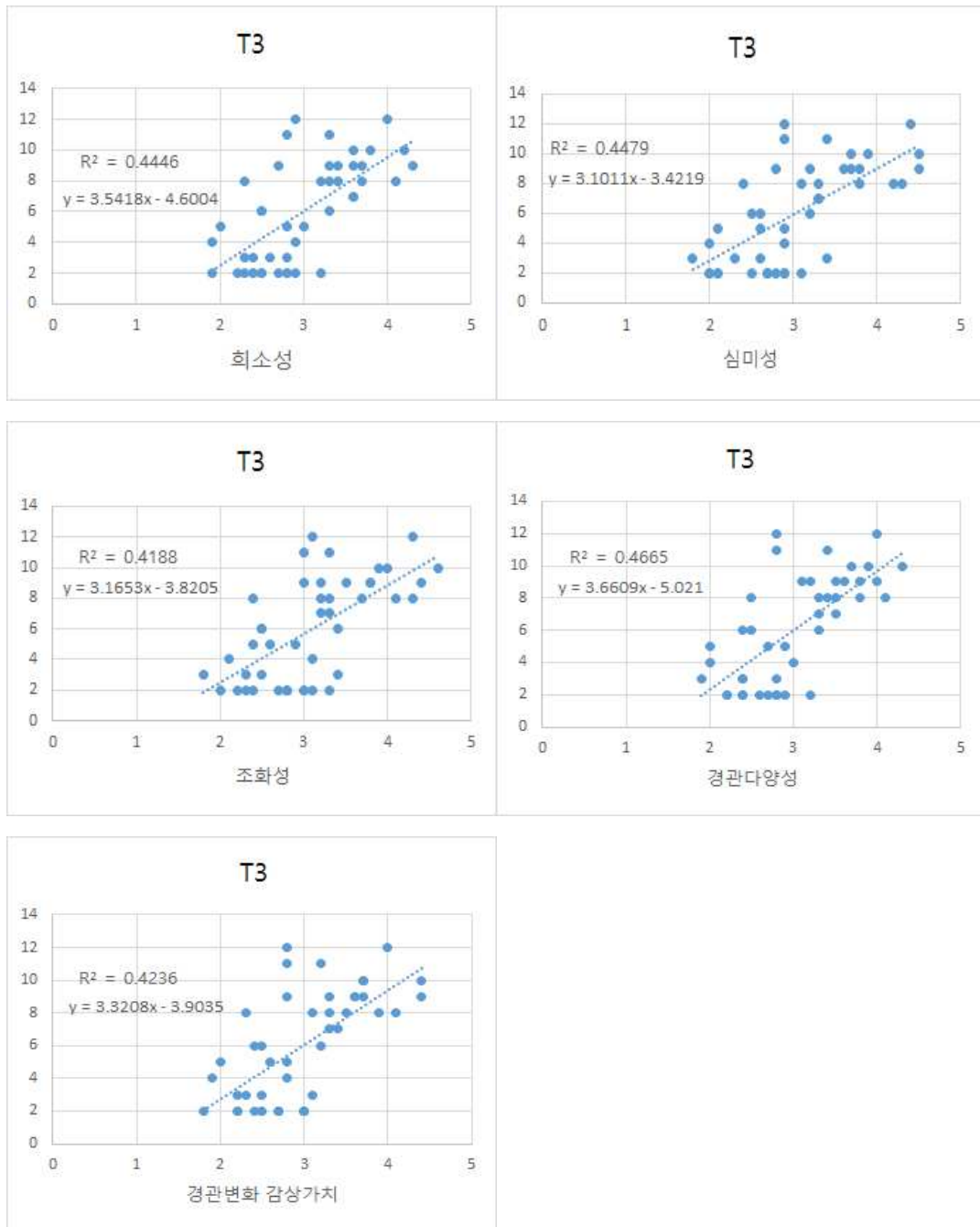


그림 4-23 경관평가항목별 선형관계 상관분석 결과



그림 4-24 선형관계 해당 지점 경관사진 예시
(변산반도 국립공원, 2017년 9월 17일 저자 직접 촬영)

반면 가장 약한 상관관계를 보이는 측정 지표는 R2이며, 이 때 결정계수는 모두 0.1 내외이다. 5개 모든 평가항목에 대한 경관평가 결과와 지다양성 측정결과 간에 선형 관계가 나타나지 않고 넓게 분산되어 있다. 경관평가에서는 높은 점수를 받았지만 지다양성 측정결과가 낮게 측정된 이상점(outlier)이 존재하였다. 이러한 이상점 특히 Roughness Index에 속하는 측정지표와의 상관분석 결과에서 공통적으로 발견되었다. 특히 경관평가에서 평균적으로 4점에 가까운 높은 점수를 받은 지점인 반면, Roughness Index 방식으로 측정된 지다양성 값이 매우 작았다. 해당 지점을 확인해본 결과 자연경관뿐만 아니라 인공경관도 함께 형성되어 있는 지점이라는 특징을 발견할 수 있었다. 특히 그러한 지점은 모든 경관평가 항목에 대해 높은 평가를 받았지만 심미성, 조화성 항목에서 더욱 점수가 높은 것을 확인할 수 있었다. 즉 자연경관만 있을 때보다 인공경관이 적절하게 혼재해 있을수록 사람들은 그 경관을 긍정적으로 인식한다고 판단된다. 설문에 참여한 일반인들은 인공경관과 자연경관에 대한 구분 없이 경관을 인식하고 평가점수를 부여한 반면, 지다양성을 측정하는 과정에서는 인공적인 요소는 배제되어 있기 때문에 이와 같은 결과가 초래된 것으로 판단된다. 측정 과정에서 인공경관을 별도로 고려하지 않은 것은 모든 측정지표의 공통점이지만 Roughness Index에 해당하는 측정지표를 활용했을 때 이러한 이상점의 존재가 강하게 드러났다. 따라서

경관인식 관점에서 지다양성을 측정하고자 한다면 Roughness Index에 비해 Richness Index가 적합한 것으로 판단할 수 있다.

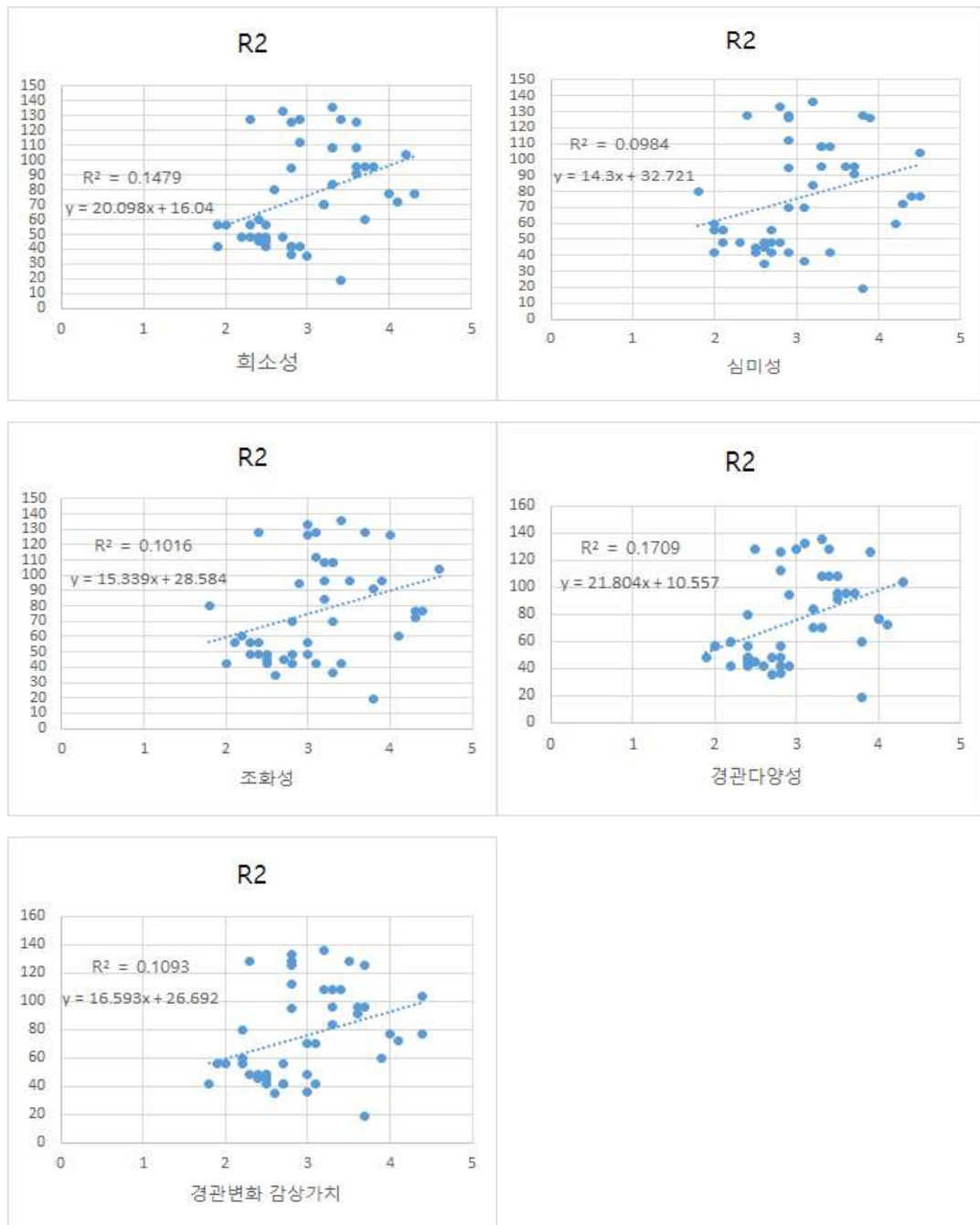


그림 4-25 선형관계를 보이지 않는 상관분석 결과



그림 4-26 이상점 해당지점 경관사진 예시
(변산반도 국립공원, 2017년 9월 17일 저자 직접 촬영)

3. 소결

지다양성 측정 결과에 따라 높은 값을 보이는 지점과 낮은 값이 도출된 지점을 세 개의 연구지역에서 각각 선정하여 현장조사를 진행하였다. 현장조사 결과, 지다양성이 높게 도출된 지점에서 확인할 수 있는 경관은 계곡 등 수경관을 볼 수 있는 곳이거나 암석이 노출되어 있는 경관, 탁 트여있는 곳으로서 산지 경관을 조망할 수 있는 곳이었다. 반면 지다양성이 낮게 도출된 지점의 경관은 도로나 시설물 등이 경관을 해치거나 전체적으로 경관이 조화롭지 못하고 난잡한 경우가 많았다. 한편 지다양성이 높게 도출된 지점이지만 해당 지점에 관광지가 조성되어 있어 상업시설이 입점하여 경관의 심미성을 떨어뜨리는 경우도 현장조사를 통해 발견할 수 있었다.

이러한 현장조사를 통해 선정한 지점에 대한 사진을 촬영하였고, 경관 인식 설문조사를 진행하였다. 그 결과 전반적으로 지다양성이 다양한 것

으로 측정된 지점에 대한 경관평가가 우수한 경향을 보였다. 또한 상관 분석을 통해 본 논문에서 추구하는 관점, 즉 보통 사람들이 경관을 인식하는 경향을 반영할 수 있는 관점에서 지다양성을 측정하고자 할 때 고려해야 할 점을 파악하였다. T3 지표에 따른 측정결과가 경관평가 결과와 명확한 상관관계를 보였다. T3 측정 과정에서 전국자연환경조사의 지형자원현황 자료를 활용한 점이 크게 작용한 것으로 판단된다. T3 지표를 비롯하여 유사한 측정과정을 지닌 T1, R1, R3 지표와의 상관관계가 전반적으로 높았다. 하지만 이 중에서 Roughness Index에 해당하는 R1, R3 지표와의 상관분석 결과에서는 공통적으로 선형관계에서 크게 벗어나는 이상점이 존재하였다. 이에 해당하는 지점은 인공경관이 존재하는 지점이었으며, roughness value는 경관인식 관점과 큰 상관이 없는 것으로 판단된다. 따라서 경관인식 관점에서 지다양성을 측정할 때에 중요시되는 구성요소는 직접적인 방법으로 조사하여 구축한 지형자원의 분포이며, Richness Index 방식을 기반으로 하는 측정방식이 적합하다고 판단된다.

제 5 장 요약 및 결론

지다양성은 보호해야 할 자연환경의 가치를 내포하는 개념으로, 이를 측정함으로써 그 가치를 정량적으로 표현할 수 있다. 1990년대부터 관련 연구가 진행되어 온 호주, 영국, 핀란드 등의 국가에서는 지다양성 개념의 필요성과 중요성을 강조하면서 주요한 구성요소를 파악하여 보호를 위해 노력하고 있다. 지다양성 보호 대책에는 지형 자원, 수자원, 지질 자원 등 자연적 가치를 지닌 요소들의 분포현황을 파악하고 이를 보호하기 위한 정책방안, 행동강령, 교육지원방안 마련 등이 해당된다.

기존의 관련 연구들을 통해서 지다양성의 의미, 역할, 기능, 활용가능성 등이 논의되었으며, 이를 정량적으로 표현하는 측정방법에 관한 연구도 지속적으로 이루어졌다. 하지만 측정에 적합한 지표를 선정하는 방법 또는 적정지표를 판단하는 기준 등을 연구한 사례는 미진하였다. 실제적인 적용방안으로서 도입되지 못한 채 관념적으로만 지다양성 개념을 연구한다면 그 중요성을 인식하는 추세가 약화될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 지다양성 개념의 실제 활용방안을 마련하는 데에 기여하고자 측정법을 국내의 사례지역에 적용하여 비교·평가했으며, 적정지표를 선정하는 것을 목적으로 연구를 진행하였다. 적정지표 판단 기준으로는 실제로 사람들이 긍정적으로 인식하는 경관이 형성되어 있는 곳에 대한 지다양성 측정 결과가 높게 도출되어야 한다는 점에 중점을 두었다.

본 논문에서 제시할 수 있는 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 선행 연구를 통해 구성된 측정지표는 각각 측정 과정에서 활용된 자료의 영향을 크게 받으며, 측정방식과 요소를 다르게 활용함에 따라 측정결과의 패턴 역시 상이하게 도출되었다. 경관인식 설문조사를 통해 각 지표에 따른 지다양성 측정결과와의 상관관계를 분석한 결과, 명확한 선형관계를 보이는 지표(T1, T3, R1, R3)와 그렇지 않은 지표(T2, T4, R2, R4)가

구분되었다. 선형관계를 보이는 지표들은 자연환경조사 자료를 활용한 지표에 해당한다는 공통점을 발견할 수 있었다. 또한 선형관계를 보이는 지표들 중에서도 이상점이 나타나는 지표(R1, R3)가 존재하였다. 이에 해당되는 지표는 Roughness Index에 속하는 것으로, 전체적으로 Richness Index에 따른 지표들보다 상관분석 결과에서 작은 결정계수 값을 갖는다. 따라서 본 논문에서 모색하고자 한 경관인식 관점에서 지다양성 측정할 때 적합하다고 판단할 수 있는 지표는 자연자원 현황이 명시되어 있는 지형자료를 활용하면서 Richness Index 방식을 적용한 지표이다.

본 논문에서 적용한 측정지표는 선행연구와 현재 국내에서 가용한 자료를 고려하여 저자가 구성한 지표이다. 측정지표의 요소와 방식을 어떻게 구성하는지에 따라 측정결과는 더욱 다양한 패턴을 보여줄 수 있을 것이다. 또한 본 논문에서는 사람들이 경관을 인식하는 관점을 기준으로 측정지표를 판단하였지만, 어떠한 관점에서 지다양성 측정하고자 하는지에 대한 목적에 따라 측정지표 선정 기준 역시 달라질 수 있다. 이와 관련하여 현재 어떤 지표나 관점이 정답이라고 말할 수는 없다. 따라서 추후 지속적인 연구를 통해 보다 다양한 관점과 방식으로 관련 연구를 진행해야 할 필요가 있다.

이 연구는 이러한 한계점에도 불구하고, 기존에는 주목하지 않았던 지다양성 측정법의 측정지표 선정과 관련하여 관점, 기준 등을 제시하였다는 측면에서 의의를 지닌다. 자연자원의 가치를 정량적으로 평가할 수 있는 개념으로서 지다양성의 의미가 알려질 것이며, 적극적으로 활용함으로써 자연환경 보호 전략 등을 마련하는 데에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 권오상. 2005. "확률효용모형 분석을 통한 국립공원의 경제적 가치 평가." *자원 · 환경경제연구* no. 14 (1):51-77.
- 김예화, 정승규, 정슬기, and 이동근. 2015. "산림 생태계 서비스를 고려한 산림 보전가치 평가-가평군을 대상으로." *환경영향평가* no. 24 (5):420-431.
- 김은영, 전성우, 송원경, 박재련, and 이준. 2012. "국토환경 모니터링 지표로서의 국토환경성평가지도 활용방안." *환경정책연구* no. 11 (2):3-16.
- 김장수, 장동호, and 양해근. 2013. "우리나라 국립공원 지형경관자원의 유형 및 활용방안." *한국지형학회지* no. 20 (1):85-96.
- 김종호, 이경학, 박찬우, 서정원, 손영모, 김경하, 윤호중, 박찬열, 이승우, and 오정수. 2006. "산림의 공익기능 평가." *한국산림휴양학회지* no. 10 (2):7-15.
- 박천진, 나정화, 조현주, 김진효, and 권오성. 2012. "비오톱 유형분류를 기반으로 한 경관평가 모형개발 및 적용." *한국조경학회지* no. 40 (4):114-126.
- 서주환, 김상범. 1998. "GIS 를 활용한 경관평가방법에 관한 연구." *한국조경학회지* no. 26 (2):62-72.
- 신지훈. 2010. "생태적 보전가치 평가를 통한 자연공원 계획에 관한 연구-황매산 국립공원을 중심으로." *한국환경복원녹화기술학회지* no. 13 (5):28-37.
- 엄대용. 2010. "특정 개발사업의 입지 가능지 선정을 위한 국토환경성 평가지도의 적합성 분석." *한국측량학회지* no. 28:595-604.
- 여준호. 2008. "생태계 비시장가치 추정 사례 및 추정방법의 장단점 분석." *한국산림휴양학회지* no. 12 (2):1-9.
- 오명성, 조현주, 이현택, and 나정화. 2008. "경관영향평가 항목선정을

- 위한 타당성 평가." *Current Research on Agriculture and Life Sciences* no. 26:7-15.
- 이동근, 성현찬, 전성우, 이상대, 김귀곤, and 김재욱. 2005.a
"국토환경성평가 개선을 통한 경기도지역의 보전지역 구분에
관한 연구." *한국환경부원록화기술학회지* no. 8:43-51.
- 이동근, 윤소원, 김은영, 전성우, and 최재용. 2005.b "보전가치평가를
위한 경관생태학적지표의 활용 및 적용." *한국조경학회지* no. 32
(6):14-22.
- 이상문, 최형석, 박창석, 주신하, and 신지훈. 2007. "자연경관 보존 및
관리를 위한 제도적 접근." *농촌계획* no. 13 (3):23-32.
- 이종열, 주호진, and 노지영. 2010. "계층분석법 (AHP) 을 활용한
산림가치 우선순위에 관한 연구." *한국정책연구* no. 10
(3):301-317.
- 전성우, 이명진, 송원경, 성현찬, and 박욱. 2008. "국토환경성평가지도
평가항목 구성의 적정성 검토." *한국환경복원녹화기술학회지* no.
11 (1):1-13.
- 전성우, 송원경, 이명진, and 강병진. 2010. "식생 군집구조 안정성
평가항목 보완을 통한 국토환경성평가지도 개선방안 연구."
한국환경복원녹화기술학회지 no. 13 (2):114-123.
- 정성관, 오정학, and 박경훈. 2005. "경관지수를 활용한 낙동강 유역
산림경관의 시계열적 패턴분석." *한국지리정보학회지* no. 8
(2):145-156.
- 조윤숙. 2014. "산림자원 및 산림의 공익기능량 추정을 위한
시스템다이내믹스 모형 개발." *한국 시스템다이내믹스 연구* no.
15 (3):5-36.
- 최희선, 조동길, 박미영, 김남균, and 김귀곤. 2005. "개발 예정지역에서의
자연보전 가치 평가-대관령 알펜시아 리조트 조성 예정지역을
사례로." *한국조경학회지* no. 33:26-37.
- Gwon, O, Jeong-Hwa Na, Hyeon-Ju Jo, and Jin-Hyo Kim. 2012.
경관단위분류를 기반으로 한 경관평가 및 경관계획. Paper read
at Proceedings of the Korean Institute of Landscape

Architecture Conference.

2. 국외문헌

- Ballesteros, D., M. Jiménez-Sánchez, M. J. Domínguez-Cuesta, J. García-Sansegundo, and M. Meléndez-Asensio. 2015. "Geoheritage and geodiversity evaluation of endokarst landscapes: The Picos de Europa National Park, north Spain." *Environmental Earth Sciences* no. 1:619-627.
- Barthlott, W., G. Kier, and J. Mutke. 1999. Global diversity of species and their unequal distribution. In *CFS Courier Forschungsinstitut Senckenberg*.
- Barthlott, W., A. Hostert, G. Kier, W. Küper, H. Kreft, J. Mutke, M. D. Rafiqpoor, and J. H. Sommer. 2007. "Geographic patterns of vascular plant diversity at continental to global scales." *Erdkunde* no. 61 (4):305-315.
- Benito-Calvo, A., A. Pérez-González, O. Magri, and P. Meza. 2009. "Assessing regional geodiversity: The Iberian Peninsula." *Earth Surface Processes and Landforms* no. 34 (10):1433-1445.
- Brazier, V., P. M. C. Bruneau, J. E. Gordon, and A. F. Rennie. 2012. "Making Space for Nature in a Changing Climate: The Role of Geodiversity in Biodiversity Conservation." *Scottish Geographical Journal* no. 128 (3-4):211-233.
- Brocx, M., and V. Semeniuk. 2009. "Coastal geoheritage: Encompassing physical, chemical, and biological processes, landforms, and other geological features in the coastal zone." *Journal of the Royal Society of Western Australia* no. 92 (3):243-260.
- Gordon, John E, and Hugh F Barron. 2013. "The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland."

- Scottish Journal of Geology* no. 49 (1):41–58.
- Gordon, J. E., A. J. Brooks, P. D. Chaniotis, B. D. James, N. H. Kenyon, A. B. Leslie, D. Long, and A. F. Rennie. 2016. "Progress in marine geoconservation in Scotland's seas: assessment of key interests and their contribution to Marine Protected Area network planning." *Proceedings of the Geologists' Association* no. 127 (6):716–737.
- Gray, Murray. 2004. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*: John Wiley & Sons.
- Gray, M. 2008.(a) "Geodiversity: developing the paradigm." *Proceedings of the Geologists' Association* no. 119 (3–4):287–298.
- Gray, M. 2008.(b) "Geoheritage 1. geodiversity: A new paradigm for valuing and conserving geoheritage." *Geoscience Canada* no. 35 (2):51–60.
- Gray, M. 2012. "Valuing Geodiversity in an 'Ecosystem Services' Context." *Scottish Geographical Journal* no. 128 (3–4):177–194.
- Gray, Murray. 2013. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*: Second Edition: John Wiley & Sons.
- Gray, M., J. E. Gordon, and E. J. Brown. 2013. "Geodiversity and the ecosystem approach: The contribution of geoscience in delivering integrated environmental management." *Proceedings of the Geologists' Association* no. 124 (4):659–673.
- Grenier, C. 2002. "Saving space: The notion of geodiversity and the coastal heritage conservation." *Oceanis* no. 28 (1–2):233–251.
- Guimarães, T. O., and G. Mariano. 2015. "Use of trails as a geoconservation strategy." *Anuario do Instituto de Geociências* no. 38 (1):40–53.
- Hjort, J., and M. Luoto. 2010. "Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland." *Geomorphology* no. 115 (1–2):109–116.

- Houshold, I., and C. Sharples. 2008. Geodiversity in the wilderness: A brief history of geoconservation in Tasmania. In *Geological Society Special Publication*.
- Inbar, M., and A. Zgaier. 2016. "Physical and social aspects of land degradation in mediterranean highland terraces: A geodiversity approach." *Annales, Series Historia Naturalis* no. 26 (3):419–432.
- Johansson, P., and L. S. Ja Kimmo Virtanen. 2000. "The most significant raised beaches, aeolian and morainic landforms in Finland." *Tutkimusraportti – Geologian Tutkimuskeskus* (151):7–76.
- Jureczka, J. 2001. "Outcrops in the geodiversity conservation concept of the Upper Silesia coal basin (Southern Poland)." *Przegląd Geologiczny* no. 49 (11):1101–1106.
- Karjalainen, P. T. 1983. "(Geodiversity: a humanistic interpretation)." *Terra* no. 95 (4):221–226.
- Kiernan, K. 2013. "The Nature Conservation, Geotourism and Poverty Reduction Nexus in Developing Countries: A Case Study from the Lao PDR." *Geoheritage* no. 5 (3):207–225.
- Koh, Y. K., K. H. Oh, S. T. Youn, and H. G. Kim. 2014. "Geodiversity and geotourism utilization of islands: Gwanmae Island of South Korea." *Journal of Marine and Island Cultures* no. 3 (2):106–112.
- Kougioumoutzis, K., and A. Tiniakou. 2015. "Ecological factors driving plant species diversity in the South Aegean Volcanic Arc and other central Aegean islands." *Plant Ecology and Diversity* no. 8 (2):173–186.
- Kozłowski, S. 2004. "Geodiversity. The concept and scope of geodiversity." *Przegląd Geologiczny* no. 52 (8 II):833–837.
- Larwood, J. G., T. Badman, and P. J. McKeever. 2013. "The progress and future of geoconservation at a global level." *Proceedings*

- of the Geologists' Association* no. 124 (4):720–730.
- Malinowska, E., and I. Szumacher. 2013. "Application of landscape metrics in the evaluation of geodiversity." *Miscellanea Geographica* no. 17 (4):28–33.
- Manosso, F. C., and R. P. Ondicol. 2012. "Geodiversity: Some considerations about quantification and evaluation of spatial distribution." *Anuario do Instituto de Geociencias* no. 35 (1):90–100.
- Manosso, F. C., and M. T. de Nóbrega. 2016. "Calculation of Geodiversity from Landscape Units of the Cadeado Range Region in Paraná, Brazil." *Geoheritage* no. 8 (3):189–199.
- Matthews, T. J. 2014. "Integrating Geoconservation and Biodiversity Conservation: Theoretical Foundations and Conservation Recommendations in a European Union Context." *Geoheritage* no. 6 (1):57–70.
- Melelli, L. 2014. "Geodiversity: A new quantitative index for natural protected areas enhancement." *Geojournal of Tourism and Geosites* no. 13 (1):27–37.
- Melelli, L., F. Vergari, L. Liucci, and M. Del Monte. 2017. "Geomorphodiversity index: Quantifying the diversity of landforms and physical landscape." *Science of the Total Environment* no. 584–585:701–714.
- Mochiutti, N. F., G. B. Guimarães, and M. S. de Melo. 2011. "Geodiversity values of the Piraí da Serra region, Paraná state." *Geociencias* no. 30 (4):651–668.
- Mortimore, R. N. 2013. "Geoconservation and the advancement of geosciences: Lessons from the Chalk of England." *Proceedings of the Geologists' Association* no. 124 (4):593–611.
- Muda, J., and F. Tongkul. 2008. "Geoheritage resources of the Baliajong River: Potential for geotourism development." *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* (54):139–145.

- Munt, M. 2008. A history of geological conservation on the Isle of Wight. In *Geological Society Special Publication*.
- Nieto, L. M. 2001. "Geodiversity: Proposal of an integrative definition." *Boletín Geológico y Minero* no. 112 (2):3–12.
- Owen, G. 2016. "Engaging the public with geoscience through 'virtual guided walks'." *Proceedings of the Geologists' Association* no. 127 (5):633–644.
- Panizza, M. 2009. "The geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): A Key of geoheritage assessment." *Geoheritage* no. 1 (1):33–42.
- Paulo, A., A. Gałaś, and S. Gałaś. 2014. "Planning the Colca Canyon and the Valley of the Volcanoes National Park in South Peru." *Environmental Earth Sciences* no. 71 (3):1021–1032.
- Pellitero, R. 2014. "Geomorphology and geomorphological landscapes of Fuentes Carrionas." *Journal of Maps* no. 10 (2):313–323.
- Pellitero, R., F. C. Manosso, and E. Serrano. 2015. "Mid- and Large-Scale Geodiversity Calculation in Fuentes Carrionas (NW Spain) and Serra do Cadeado (Paraná, Brazil): Methodology and Application for Land Management." *Geografiska Annaler, Series A: Physical Geography* no. 97 (2):219–235.
- Pemberton, M. 2005. "Australian peatlands: A brief consideration of their origin, distribution, natural values and threats." *Journal of the Royal Society of Western Australia* no. 88 (3):81–89.
- Pereira, D. I., P. Pereira, J. Brilha, and L. Santos. 2013. "Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): An innovative approach." *Environmental Management* no. 52 (3):541–552.
- Poros, M. 2014. "Geodiversity in architecture the use of local rock resources in the architecture in existing and planned European geoparks." *Przegląd Geologiczny* no. 62 (3):151–155.
- Prosser, C. D., E. J. Brown, J. G. Larwood, and D. R. Bridgland. 2013. "Geoconservation for science and society – an agenda for

- the future." *Proceedings of the Geologists' Association* no. 124 (4):561–567.
- Rhind, P., and R. Jones. 2009. "A framework for the management of sand dune systems in wales." *Journal of Coastal Conservation* no. 13 (1):15–23.
- Ruban, D. A. 2010. "Quantification of geodiversity and its loss." *Proceedings of the Geologists' Association* no. 121 (3):326–333.
- Seijmonsbergen, A. C., J. Sevink, L. H. Cammeraat, and J. Recharte. 2010. "A potential geoconservation map of the Las Lagunas area, northern Peru." *Environmental Conservation* no. 37 (2):107–115.
- Serrano, E., and P. R. Flano. 2007. "Geodiversity. A theoretical and applied concept." *Geographica Helvetica* no. 62 (3):140–147. doi: 10.5194/gh-62-140-2007.
- Sharples, C. 1995. "Geoconservation in forest management—principles and procedures." *TASFORESTS-HOBART* no. 7:37–50.
- Shelef, O., I. Stavi, P. Zdruli, and S. Rachmilevitch. 2016. "Land use Change, a Case Study from Southern Italy: General Implications for Agricultural Subsidy Policies." *Land Degradation and Development* no. 27 (4):868–870.
- Silva, J. P., D. I. Pereira, A. M. Aguiar, and C. Rodrigues. 2013. "Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin." *Journal of Maps* no. 9 (2):254–262.
- Thomas, M. F. 2016. "New keywords in the geosciences – Some conceptual and scientific issues." *Revista do Instituto Geológico* no. 37 (1):1–12.
- Zamalloa, T., G. Maguregi, M. D. Fernández, I. Echevarría, and J. Sanz. 2014. "Approaching geodiversity through field trips in secondary education. A study with science teachers in Biscay." *Ensenanza de las Ciencias* no. 32 (3):443–467.

부록 1. Geodiversity 측정과정 예시

- 변산반도 국립공원 측정과정 중 일부 -

표 1. 격자별 Geodiversity 구성요소 개수 및 등급

격자	지형 (개수)	카테나 (개수)	지질 (개수)	토양목 (개수)	토양통 (개수)	수자원 (등급)	roughness value
1	0	5	1	1	5	0	8
2	0	6	1	2	3	0	7
3	0	6	1	2	2	0	6
4	0	5	1	2	6	0	6
5	1	7	1	2	3	1	6
6	1	11	1	3	6	0	8
7	2	5	1	2	2	0	6
8	2	8	1	3	6	1	8
9	3	10	2	2	3	0	2
10	3	5	1	1	1	0	2
...							
569	4	7	1	2	3	1	7

① $T1 = \text{지형} + \text{지질} + \text{토양목} + \text{수자원}$

② $T2 = \text{카테나} + \text{지질} + \text{토양목} + \text{수자원}$

③ $T3 = \text{지형} + \text{지질} + \text{토양통} + \text{수자원}$

④ $T4 = \text{카테나} + \text{지질} + \text{토양통} + \text{수자원}$

⑤ $R1 = T1(\text{지형} + \text{지질} + \text{토양목} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$

⑥ $R2 = T2(\text{카테나} + \text{지질} + \text{토양목} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$

⑦ $R3 = T3(\text{지형} + \text{지질} + \text{토양통} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$

⑧ $R4 = T4(\text{카테나} + \text{지질} + \text{토양통} + \text{수자원}) \times \text{Roughness value}$

표 2. Geodiversity 지표 수식 적용 결과 값

격자	T1	T2	T3	T4	R1	R2	R3	R4
1	2	7	6	11	16	56	48	88
2	3	9	4	10	21	63	28	70
3	3	9	3	9	18	54	18	54
4	3	8	7	12	18	48	42	72
5	5	11	6	12	30	66	36	72
6	5	15	8	18	40	120	64	144
7	5	8	5	8	30	48	30	48
8	7	13	10	16	56	104	80	128
9	7	14	8	15	14	28	16	30
10	5	7	5	7	10	14	10	14
...								
569	8	11	9	12	56	77	63	84

부록 2. 경관인식 설문조사 설문지 예시



	5(매우 드물/매우 우수/복잡함/매우 높음)	4(드물/우수/다양 함/높음)	3(보통)	2(흔함/불량/단순 함/낮음)	1(매우 흔함/매우 불량/획일적/매우 낮음)
회소성	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
심미성	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
조화성	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
경관다양성	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
경관변화 감상가치	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(북한산 국립공원에 위치한 현장조사 지점 중 한 곳,
2017년 9월 26일 저자 직접 촬영)

부록 3. 변산반도 국립공원의 지다양성 측정 자료

(a) 변산반도 국립공원의 지형자원 현황도

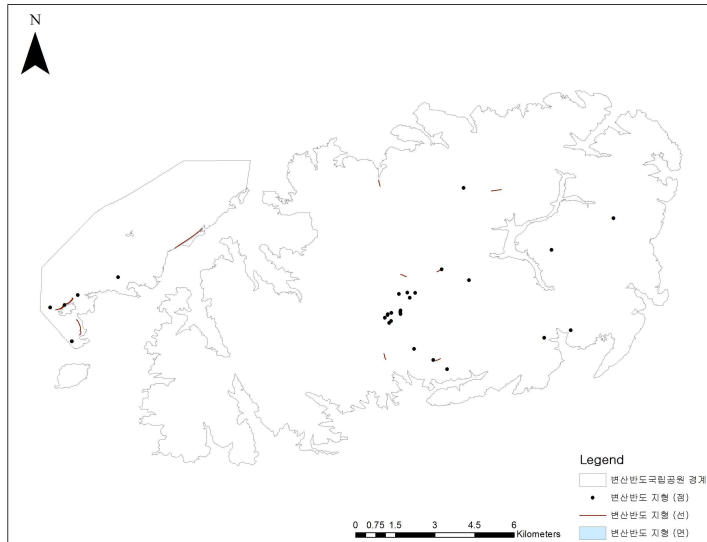
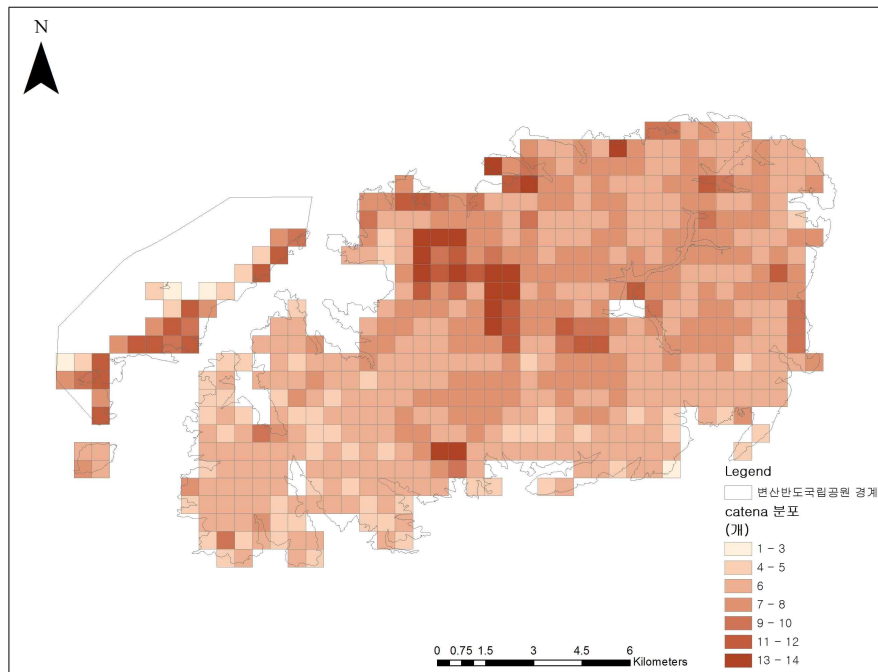


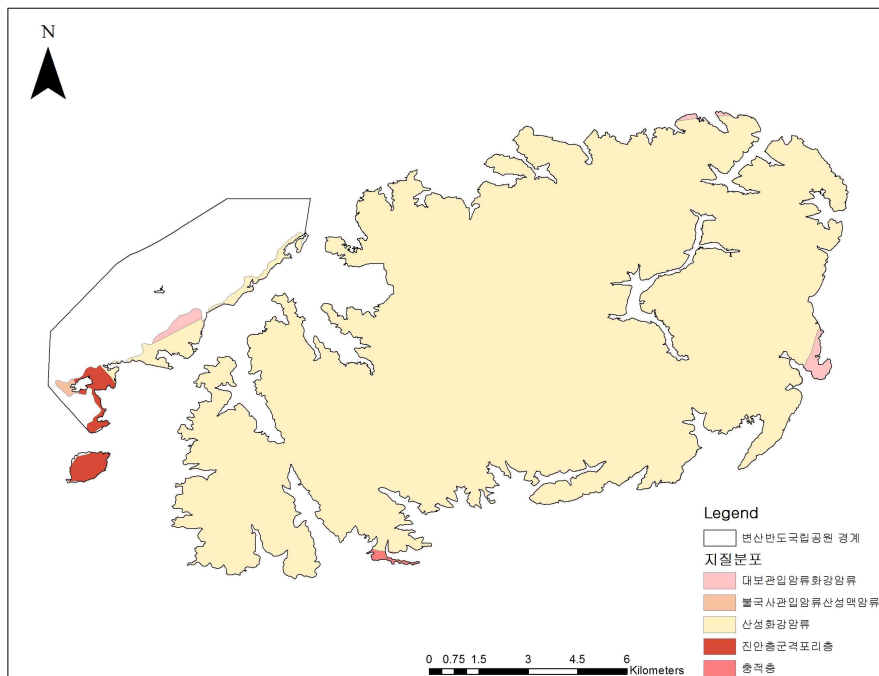
표 3. 변산반도국립공원 지형자원 분포 현황

지형 명	분포 현황 (개)	지형 명	분포 현황(개)
점 자료			
급애	6	포트홀	1
급애, 폭포	1	폭포	1
나마	2	폭호	1
수직절리지형	1	풍화동굴	1
암괴원	1	하식애	1
암석돔	2	해식동	1
애추	1	해식애	3
주상절리지형	1	해안단구	1
토르	3	해안사구	1
파식대	2	소계	31
선 자료			
급애	5	모래해안	3
폭포	1	해식애	1
해안사구	1	소계	11
면 자료			
기타(감조구간)	1	모래해안	1
선상지	1	소계	3
		총계	45

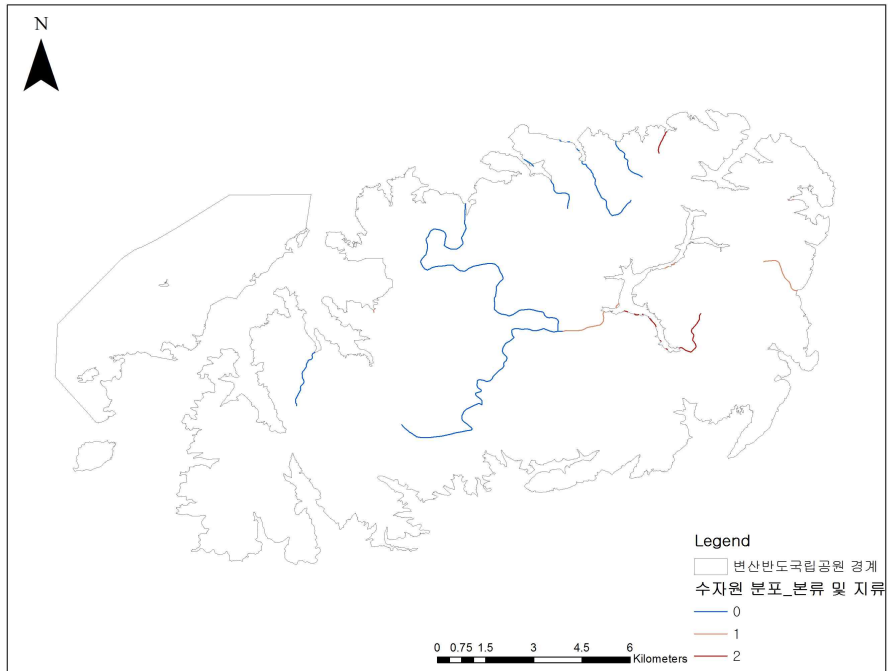
(b) 변산반도 국립공원 카테나 지형분류기법의 격자별 지형단위 개수



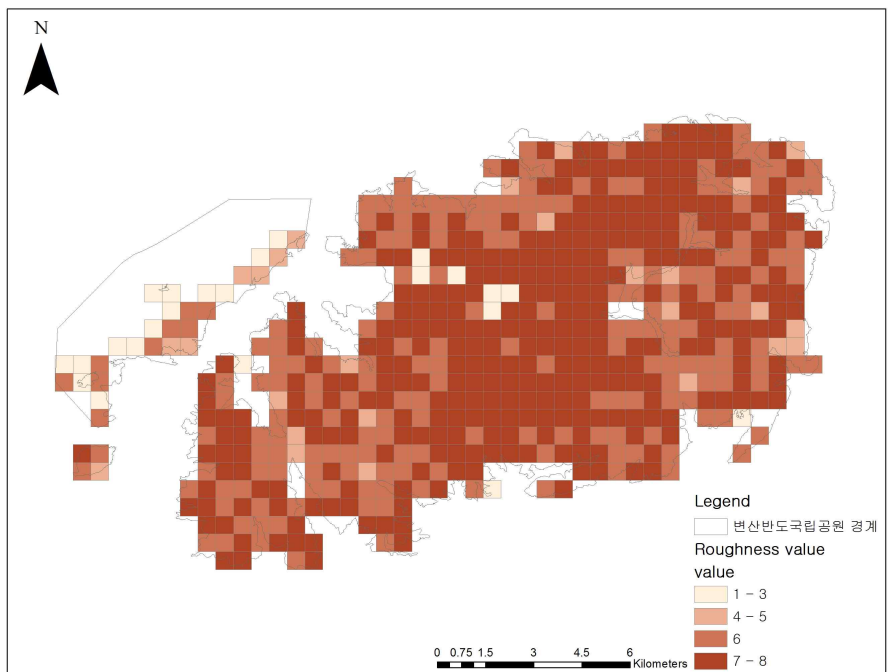
(c) 변산반도 국립공원의 지질자원 현황



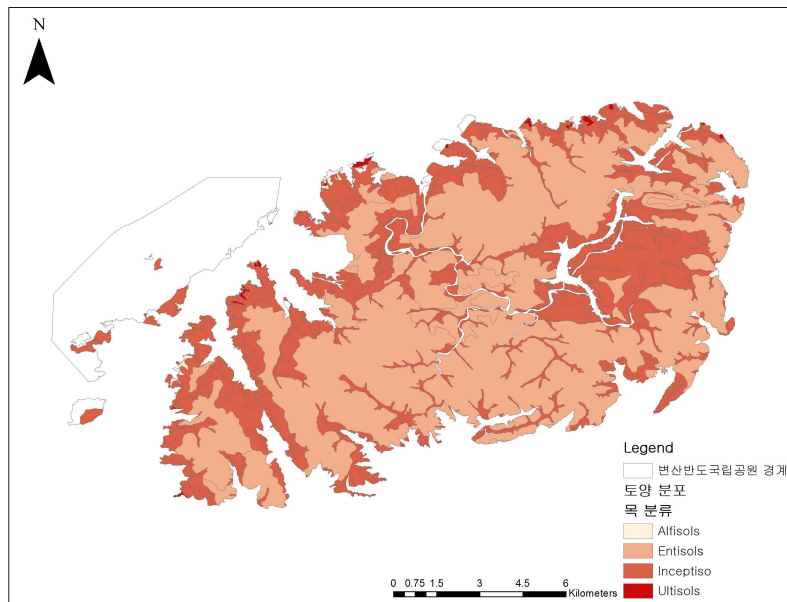
(d) 변산반도 국립공원의 수자원 분포



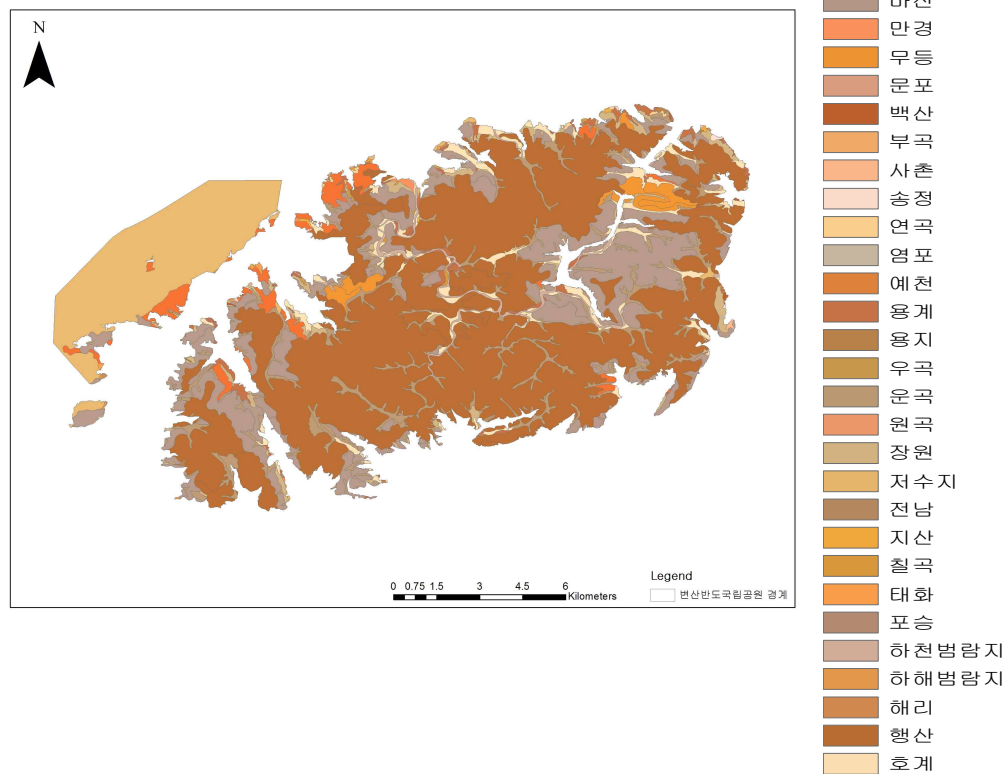
(g) 변산반도 국립공원의 roughness value 도출 결과



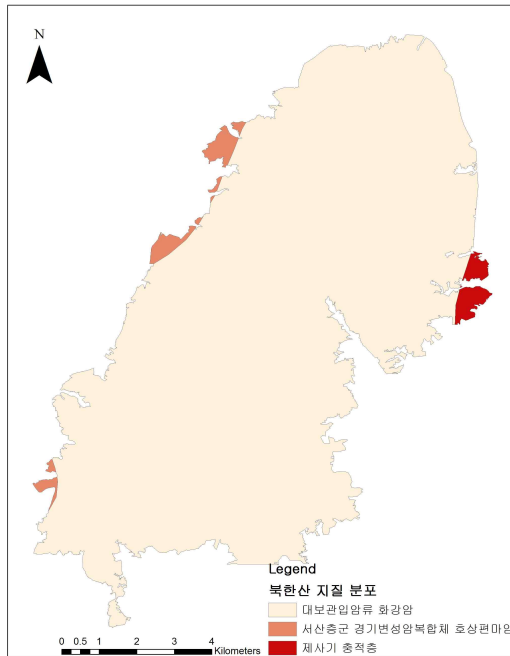
(e) 변산반도 국립공원의 토양 분포 (토양목 분류)



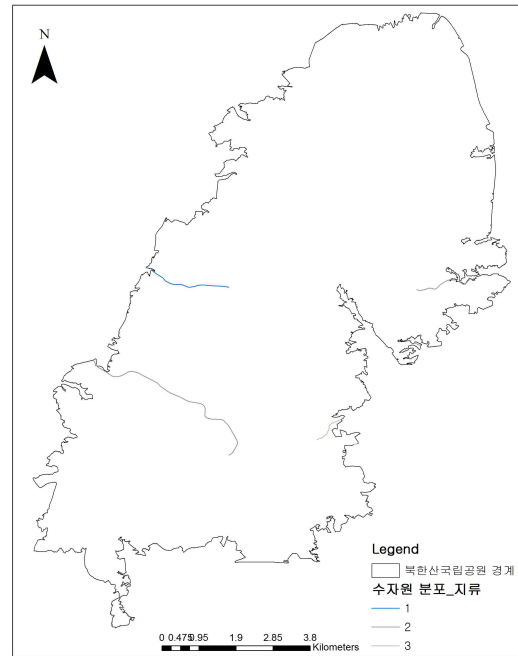
(f) 변산반도 국립공원의 토양 분포 (토양통 분류)



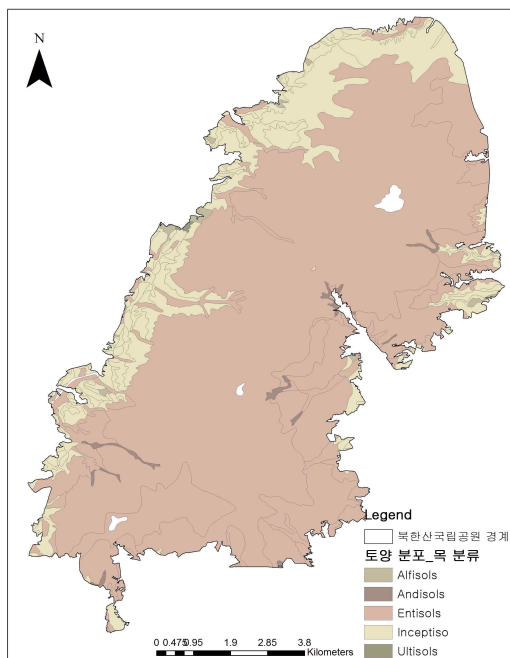
부록 4. 북한산 국립공원의 지다양성 측정 자료



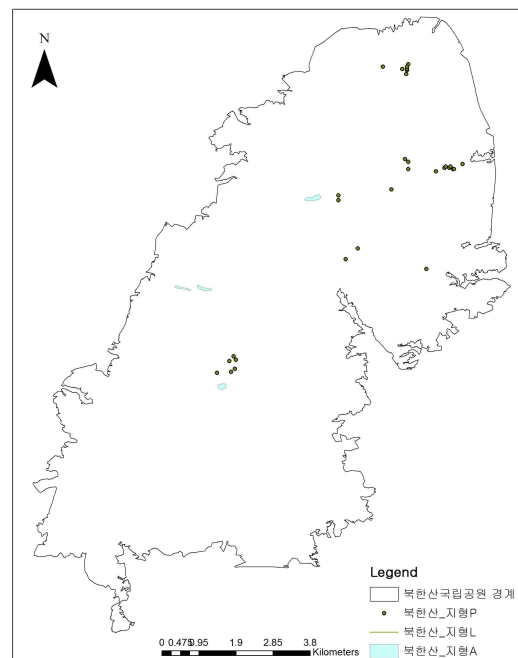
(a) 북한산국립공원 지질 분포



(b) 북한산국립공원 수자원 분포



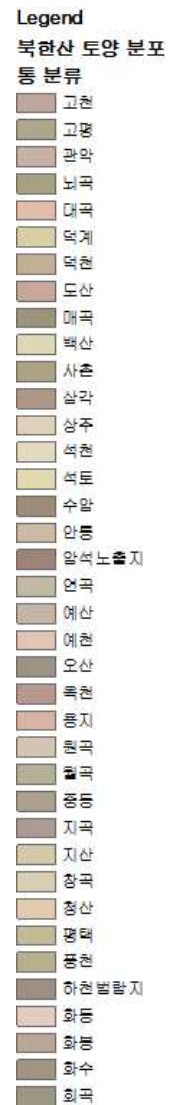
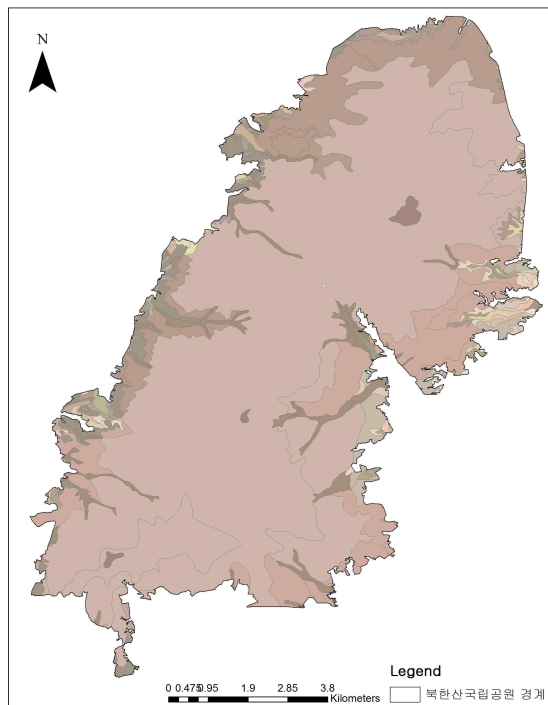
(c) 북한산국립공원 토양 분포(목분류)



(e) 북한산국립공원 지형자원 분포

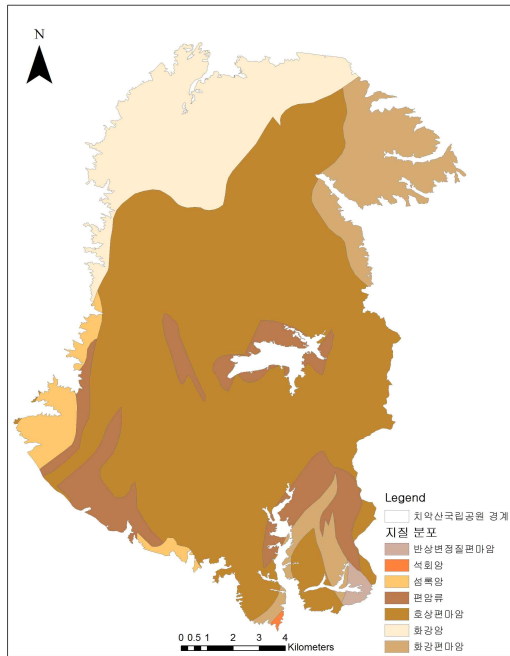
표 4. 북한산국립공원 지형자원 분포 현황

지형 명	분포 현황 (개)	지형 명	분포 현황 (개)
점 자료			
급애	1	동굴	1
암석애버린치	1	나마	1
암괴류	3	암괴원	3
암석돔	10	토르	6
판상절리지형	3	폭포	2
		소계	31
선 자료			
-		소계	0
면 자료			
기반암하상	2	암석돔	2
		소계	4
		총계	35

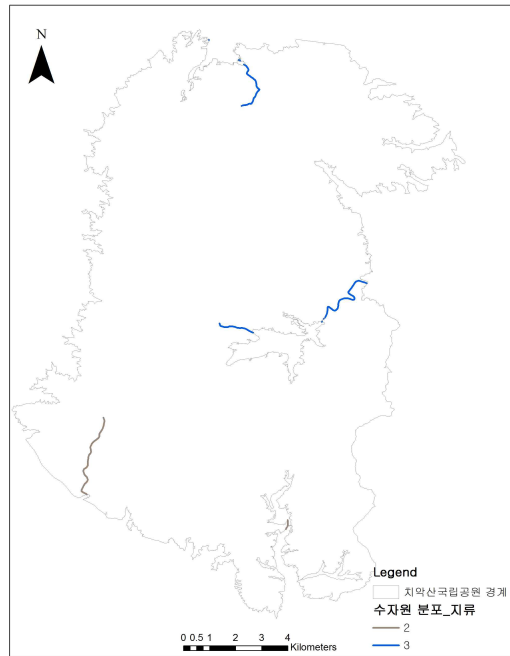


(d) 북한산국립공원 토양 분포(통분류)

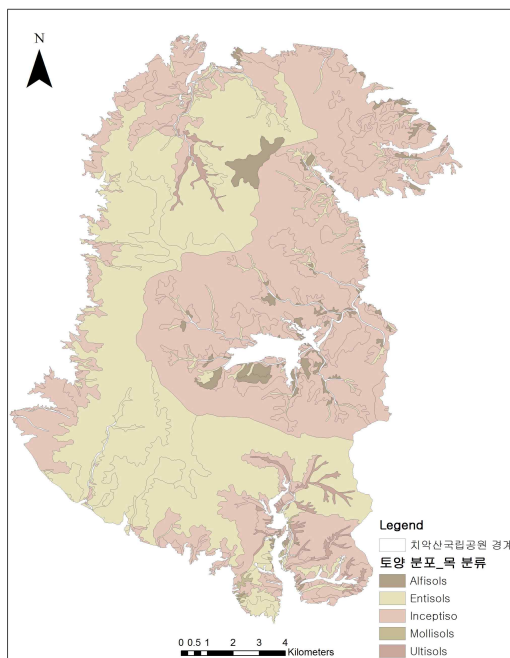
부록 5. 치악산 국립공원의 지다양성 측정 자료



(a) 치악산국립공원 지질 분포



(b) 치악산국립공원 수자원 분포



(c) 치악산국립공원 토양 분포(목분류) 그림 45 치악산국립공원 지형자원 분포

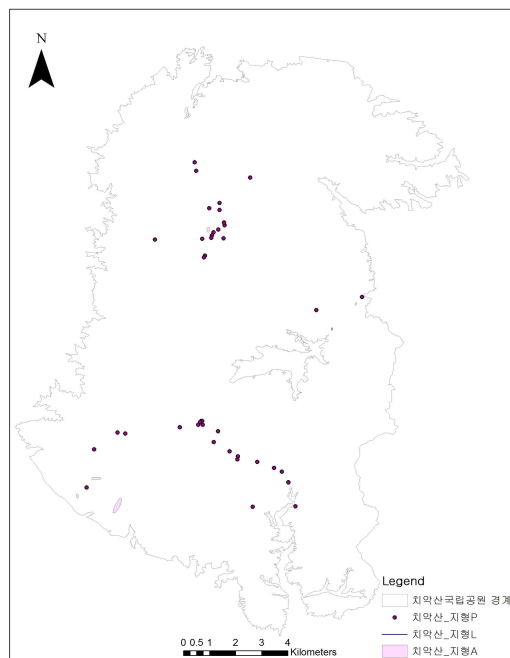
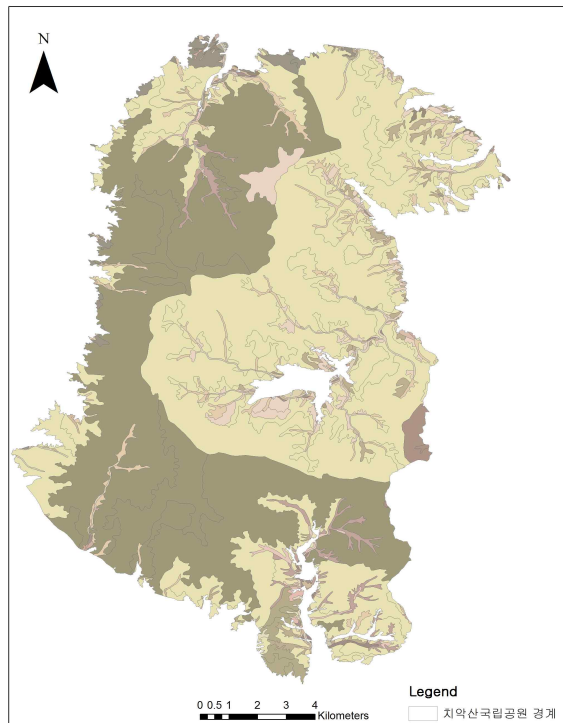


표 5. 치악산국립공원 지형자원 분포 현황

지형 명	분포 현황 (개)	지형 명	분포 현황 (개)
점 자료			
급애	19	기반암하상	1
소	1	암괴류	1
암석돔	3	토르	2
폭포	11	폭호	2
하식애	1	소계	42
선 자료			
하식애	1	소계	1
면 자료			
급애	2	기반암하상	1
암석돔	1	침식분지	1
협곡	1	소계	6
		총계	49

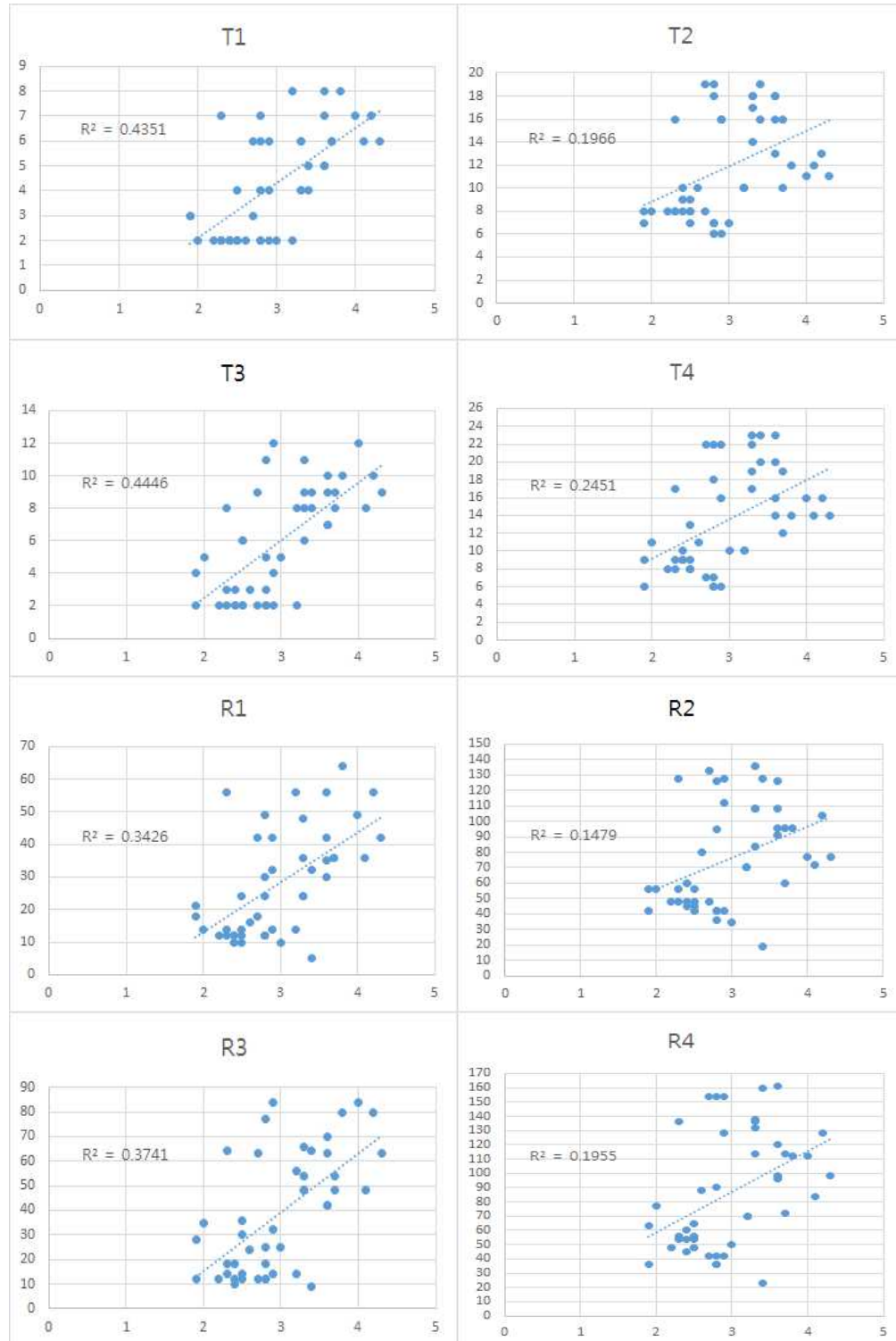


- Legend**
- 도양통명
- 과천
 - 남계
 - 대원
 - 덕산
 - 덕천
 - 마지
 - 매곡
 - 사촌
 - 삼각
 - 석토
 - 송산
 - 수암
 - 안룡
 - 오산
 - 외산
 - 용계
 - 우곡
 - 운봉
 - 월곡
 - 장성
 - 저수지
 - 지곡
 - 지산
 - 철곡
 - 평창
 - 풍천
 - 하천범람지
 - 학곡
 - 행곡
 - 호계
 - 회곡

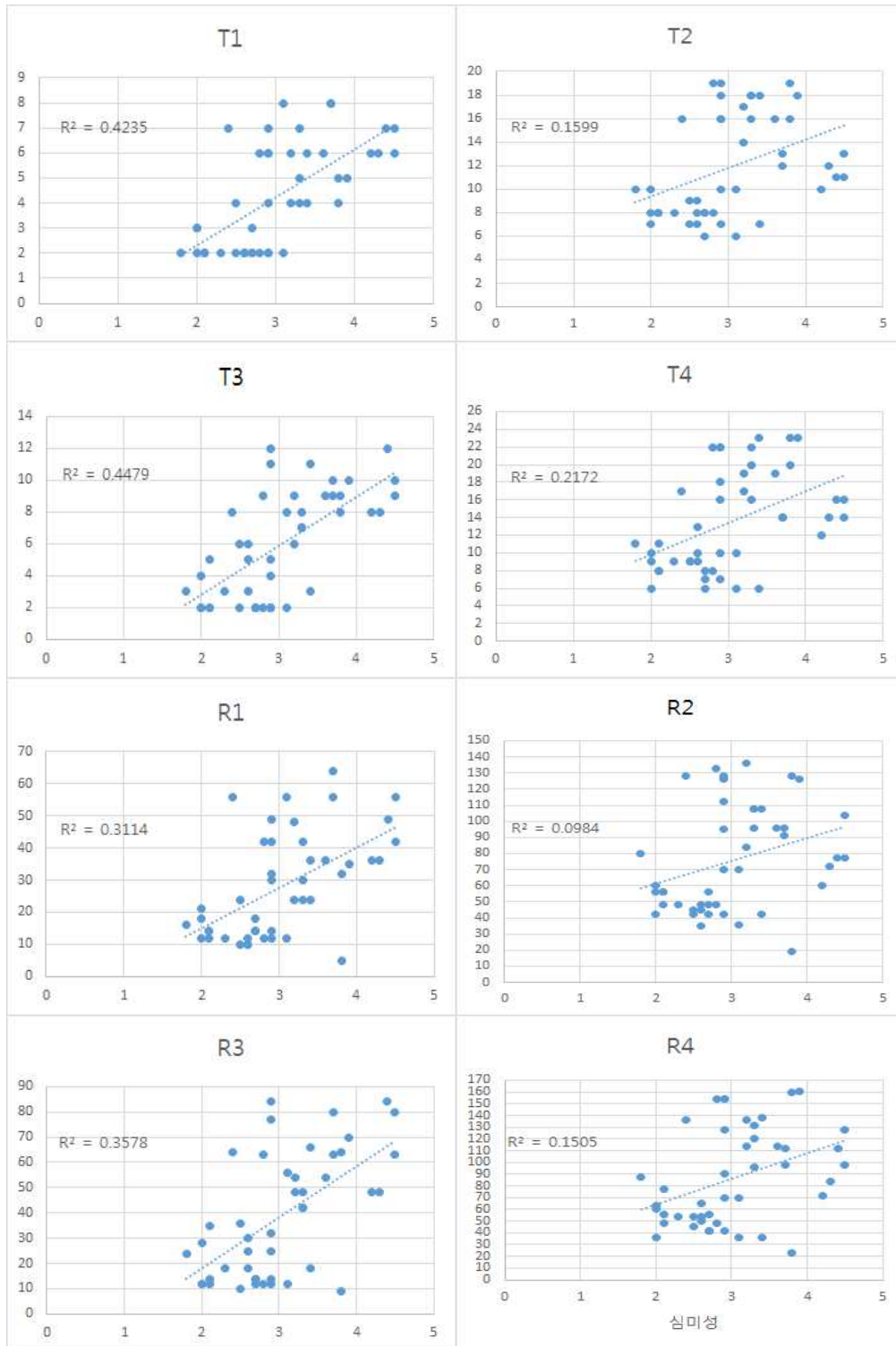
(d) 치악산국립공원 도양 분포(통분류)

부록 6. 경관인식설문 항목별 상관관계 분석 결과 그래프

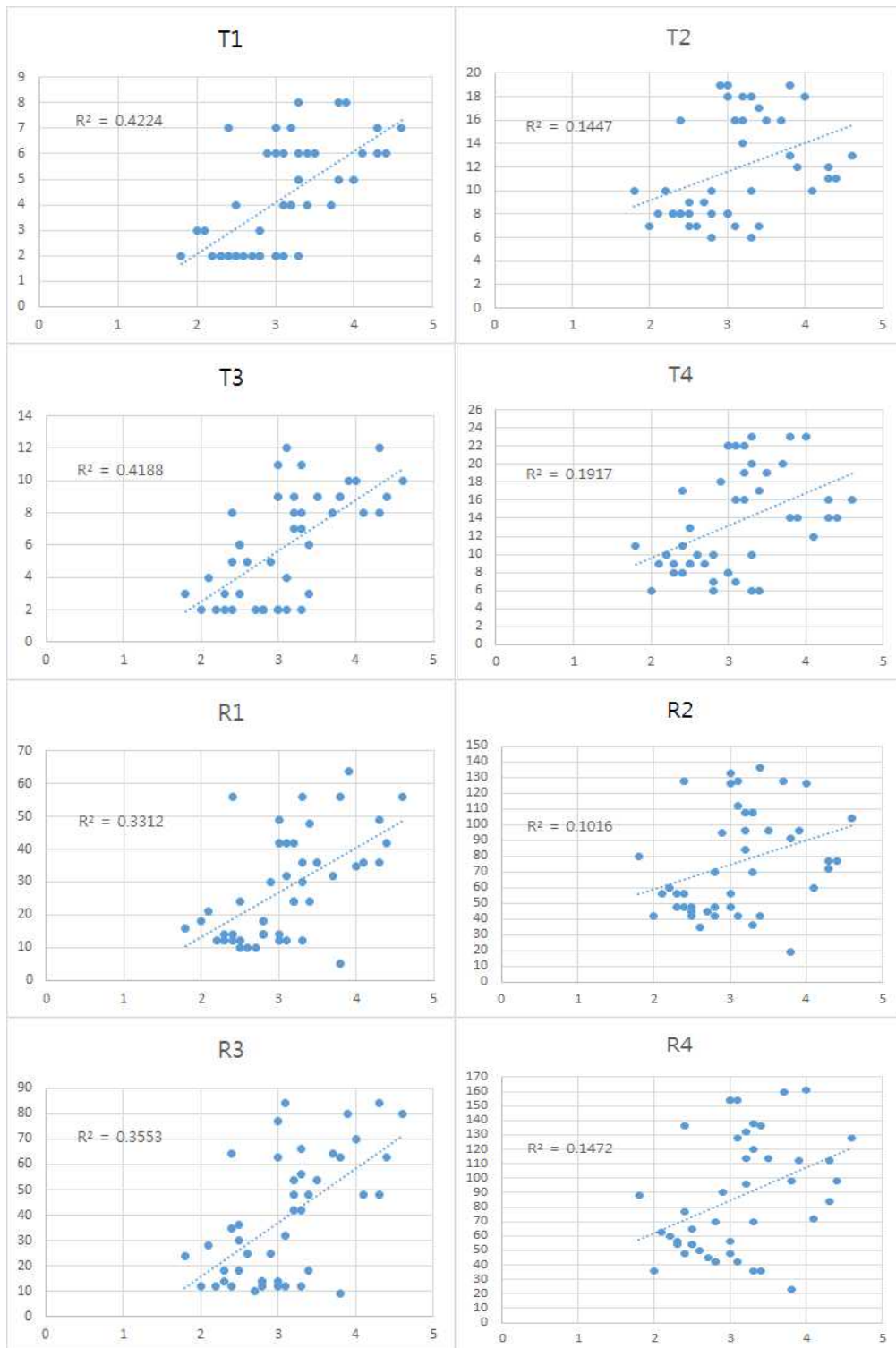
(a) 희소성



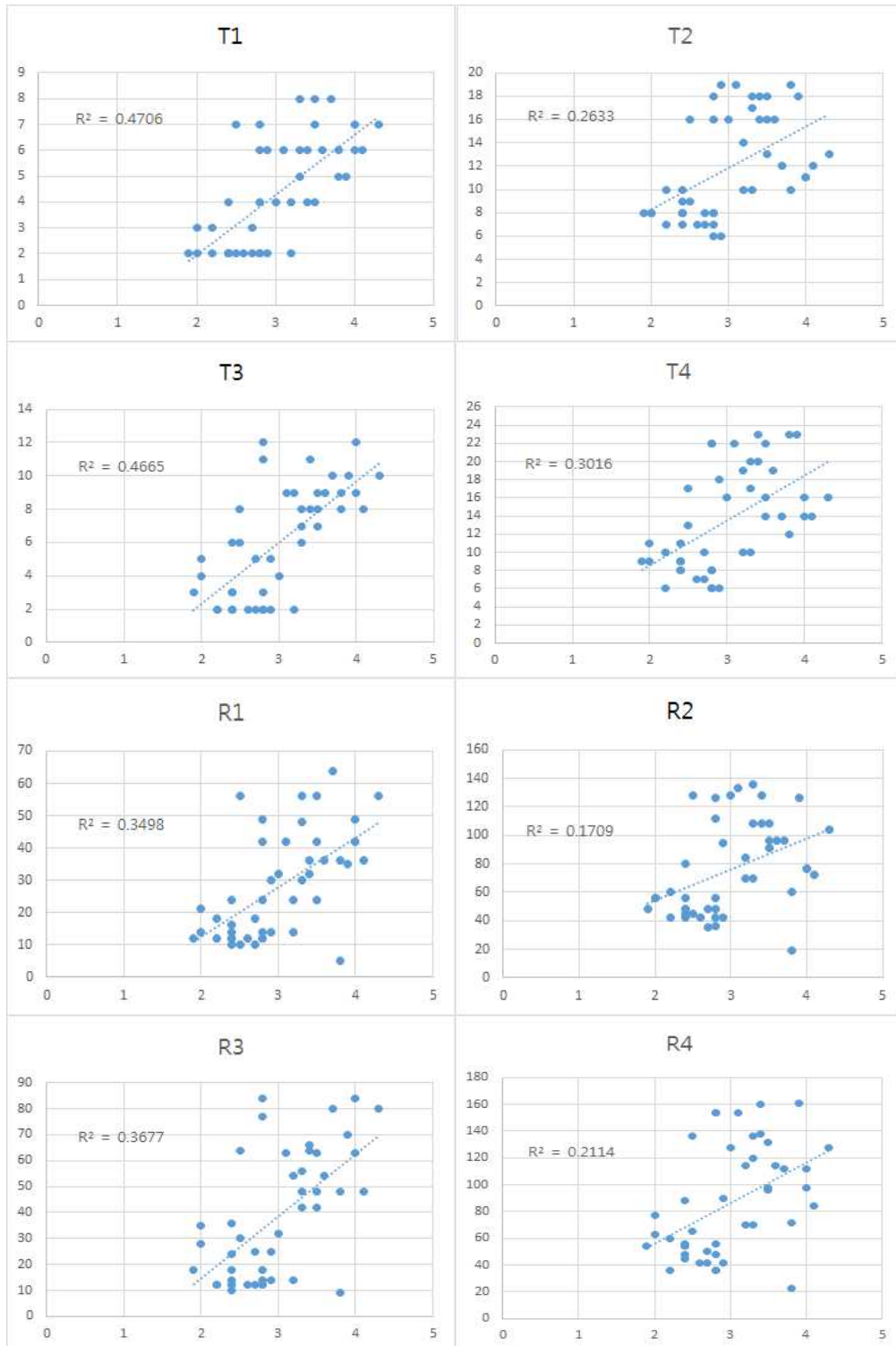
(b) 심미성



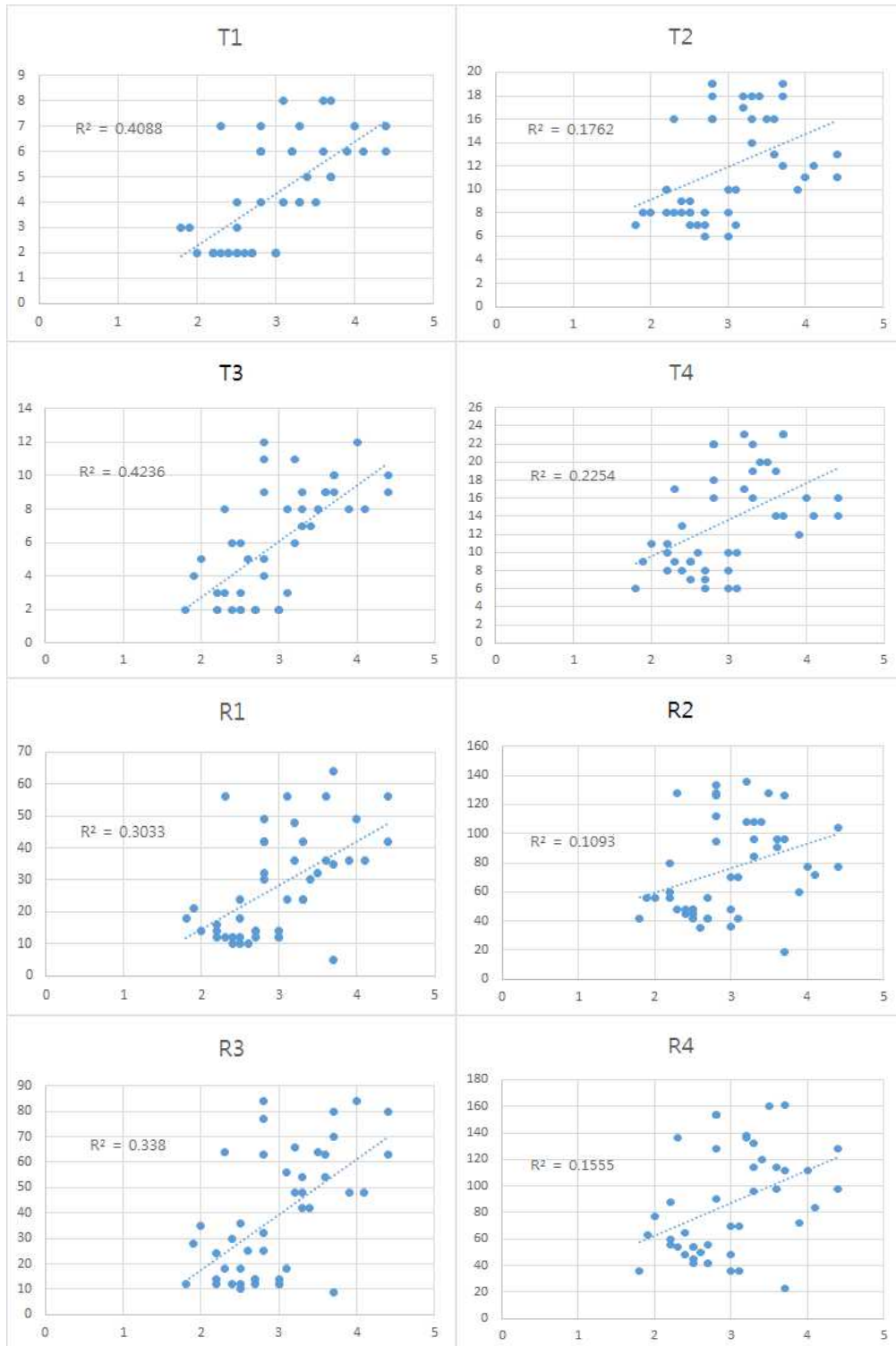
(c) 조화성



(d) 경관다양성



(e) 경관변화 감상가치



Abstract

A Comparison and Applicability of Geodiversity Indices To Assess the Spatial Distribution of Geodiversity in Korea

Jungsun Choi

Department of Geography

The Graduate School

Seoul National University

Geodiversity refers to the diversity of abiotic elements such as topography, geological features, and soil. The geodiversity index assigns numerical value to the diversity of these composed elements. This index is useful in demonstrating the distribution and pattern of the components that make up the physical environment.

The purpose of this study is to compare and evaluate geodiversity indices and to select an optimal geodiversity index that can reflect actual landscape perception. In this paper, topography,

geological features, soil, and hydrological elements were selected as components of geodiversity. A total of 8 metrics were constructed according to the method of measuring diversity and the data of measurement. These metrics were applied to domestic case areas for results of geodiversity indices. Three areas were selected for this study - Byeonsanbando, Bukhansan, and Chiaksan national parks - which are designated as protected areas for preservation.

Field survey and landscape perception questionnaires were conducted to select the appropriate index. In each case area, the field survey locations were selected based on high and low measured points. The scenery of each point was observed, pictures were taken, and a landscape awareness survey was conducted based on the field survey data. Afterwards, the scores of each of the eight geodiversity indices were compared with those of the landscape surveys. Through this process, the results of comparing and evaluating the indicators of geodiversity and selecting the appropriate index were derived as follows.

First, the patterns of the measurement results are different according to the method and data used for the measurement by geodiversity indices. There are two types of measurement methods used in this paper - the Richness Index and the Roughness Index. The Richness Index derives the diversity by integrating the number of components distributed in the analysis grid. The Roughness Index is based on the values derived from the Richness Index. The roughness value is additionally constructed and the sum of the gratings is multiplied to arrive at the final result. The roughness value refers to the roughness of the terrain. The biggest difference between the two measurement methods occurs with or without the application of roughness values. In addition, the distribution of

Geodiversity varies greatly depending on the characteristics of the data used in the measurement process.

Second, the correlation between the landscape evaluation score and each measurement index was analyzed, followed by the identification of measurement indices with high correlation. The index using the Richness Index method and using the topographical resource status map was highly correlated. Therefore, I selected the index that can best reflect the perception of landscape.

This study contributes to academic scholarship as it furthers the perspectives and criteria related to the selection of an appropriate index of Geodiversity measurement method. Recently, there has been a paradigm shift in terms of land development, land use, and urban planning, which criticizes indiscriminate development of the past and further considers the protection and preservation of ecosystem and the environment. Geodiversity can be balanced with biodiversity and contribute to the protection of the natural ecosystem and environment. With further research, geodiversity can contribute positively to broadening the field of quantitative assessment of natural environment value.

keywords : Geodiversity, Geodiversity Index, Understanding of Landscape, Correlation Analysis, Environmental Valuation, Protected Area

Student Number : 2015-22549